UNED varia

Thomas Hobbes. Tratado sobre el Cuerpo

Edición de Joaquín Rodríguez Feo

INTRODUCCIÓN

Thomas Hobbes es más conocido por su *Tratado sobre el Ciudadano* o por el *Leviatán*, obras políticas, que por su producción científica en sus aportaciones y sus polémicas. Y sin embargo esta producción científica es suficientemente amplia para acreditarle como hombre de ciencia: aparte de este *Tratado sobre el Cuerpo* se pueden recordar algunos de sus títulos como *Objectiones ad Cartesii Meditationes* (1641), el *Tractatus opticus* y unas notas sobre *Ballistica* en *Sagitata physico-mathematica* de Mersenne (1644), las *Six Lessons to the Professors of Mathematics of the Institution of Sr. Henry Savile, in the University of Oxford*, la *Examinatio et emendatio mathematicae hodiernae* (1660), el *Dialogus physicus sive de natura aeris* (1661), los *Problemata physica* (1662), *De principiis et ratiotinatione geometrarum* (1666), *Quadratura circuli, cubatio spherae, duplicatio cubi breviter demonstratae* (1669), *Rosetum geometricum* (1671), *Lux mathematica* (1672) y el *Decameron physiologicum* (1678) entre otros. Baste recordar que en 1678, un año antes de su muerte y con 91 años, redactó un tratado de *Cyklometria*.

Y si bien es cierto que el proyecto vital más importante para él era la elaboración de una «Ciencia Política», su dedicación a la ciencia no fue meramente instrumental (para acreditar su prestigio ante los sabios de la época o para avalar sus propuestas políticas) sino muy sustantiva, aunque sólo fuera por el hecho de que esperaba, a través de ella, alcanzar o aproximarse a la clave de un universo que estaba «escrito en lenguaje matemático» según expresión de su admirado amigo Galileo. Por eso se dedicó a las matemáticas y a la ciencia en general, no como quien aprende una disciplina sino como quien emprende una exploración a través de un territorio enigmático que le llevaría a comprender de forma definitiva la realidad.[1]

No es fácil separar en Hobbes su Ciencia y su Política (en su «Ciencia política») y es un ejemplo histórico del componente tecnocrático que puede derivarse de la consideración de la política como ciencia y del carácter absolutista de la po-

[1] En ningún caso podría caer sobre él el reproche que hacen Sokal y Bricmont a algunos filósofos que hablan de ciencia sin saber de qué hablan. Ver SOKAL, A. y BRICMONT, J., *Imposturas intelectuales*, Barcelona, Paidós, 1999.

lítica que de ahí se origina, del estado Leviatán como autómata, etc., ya que, al igual que las leyes científicas, las leyes políticas no serían cuestión opinable.

Pero al margen de la influencia que la ciencia ejerciera en sus concepciones políticas, ¿cuál fue el papel que jugó Hobbes en la ciencia del siglo XVII? ¿Fue un mero aficionado, o por el contrario realizó aportaciones de consideración? Las respuestas a estos interrogantes han resultado ser muy polémicas, y van desde un entusiasmo desmedido hasta el silencio descalificador.

Entre las opiniones entusiastas está la del propio Hobbes que, en cuestiones profesionales, manifiesta un sorprendente nivel de autoestima:

> «Mereceré la fama de haber sido el primero en sentar las bases de dos ciencias: la de la Óptica, que es la más curiosa, y la de la justicia natural, expuesta en el libro *De Cive*, que es la más útil de todas».[2]

Pero entre los elogios más autorizados posiblemente esté el de Leibniz, a quien había llenado de satisfacción su definición del raciocinio como cálculo, en el tratado *De Homine*, y que le hizo escribir:

> «Profundissimus principiorum in omnibus rebus scrutator, Th. Hobbes merito posuit *omne opus mentis esse computationem*». [Investigador profundísimo de los principios de todas las cosas, Th. Hobbes afirmó con razón que toda obra de la mente es computación[3].]

Ante estos elogios de Leibniz, E. Yakira matiza que Hobbes no era un lógico ni un matemático de la envergadura de Leibniz, pero que su trabajo debe tomarse en consideración.[4]

Como opiniones negativas están, en primer lugar, las de bastantes historiadores de la ciencia que le citan únicamente de paso o no lo mencionan en absoluto. Entre estos últimos, y por citar algunos casos, se encuentran P. Rossi, en *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa,*[5] E. T. Bell, en *Historia de las matemáticas,*[6] o

---

[2] Alude a sus obras sobre Óptica *A minute or first draught of the Optiques*, y a los estudios de Óptica que incluyó en el *De Homine*.

[3] Esta idea de reducir todo razonamiento a un cálculo ya estaba en R. Lulio, pero hasta Boole no tuvo lugar su forma operativa. Tampoco puede considerarse esta intuición de Hobbes como fundamento de futuras teorías computacionales de la mente (Fodor), sino a lo sumo como un precedente histórico.

[4] YAKIRA, E., *Pensée et calcul chez Hobbes et Leibniz,* en ZARKA, Y. Ch. y BERNHARDT, J., *Thomas Hobbes. Philosophie première, théorie de la science et politique*, París, Presses Universitaires de France, 1990, p. 128.

[5] Rossi tiene otra obra en tres volúmenes (dirigida por él): *Storia della Scienza*, en la que ni se menciona a Hobbes.

[6] BELL, E. T., *Historia de las Matemáticas*, Méjico, Fondo de Cultura Económica, 1985, p. 142.

M. Serres en *Historia de las ciencias*[7]. Pero el caso más sorprendente es el de V. Ronchi, estudioso de Hobbes, que en su *Histoire de la Lumière*[8] no menciona a Hobbes en un cronograma que construye en las págs. 172-173, de los principales teóricos de la Óptica en los siglos XV-XIX.

Al margen de estas dos posturas extremas, lo cierto es que la obra científica de Hobbes ha suscitado, y de manera especial en estos últimos años, una cantidad considerable de estudios tanto por parte de filósofos como de hombres de ciencia, a los que aludiré enseguida.

Es cierto que Hobbes fue arrogante al considerar su condición de hombre de ciencia, pero una de las causas que puede haber influido en ello habría sido su absoluta independencia intelectual. En el siglo XVII casi todos los pensadores (Spinoza fue otra excepción) estaban vinculados a alguna institución, religiosa, universitaria o de la nobleza, que les protegía y les procuraba un amparo muy útil para la investigación. Hobbes, en cambio, que ni fue clérigo ni profesor universitario ni noble, ni tenía fortuna personal, sentía la seguridad de quien no debe nada a nadie. Este carácter de «lobo estepario» forma parte del atractivo que despierta su obra aunque no le redima de sus limitaciones.

EL SIGLO XVII

Era difícil, por otra parte, que un pensador como Thomas Hobbes, interesado en todas las áreas del conocimiento y que convivió con los principales talentos científicos de su siglo, no hubiera sentido la atracción de la nueva ciencia, que abría horizontes deslumbrantes al conocimiento del universo.

Entre sus contemporáneos se encuentran nombres tan universales como Galileo, Harvey, Huygens, Descartes, Mersenne y, ya al final, Newton y Leibniz. Y aunque Hobbes nunca fue un matemático genial, sin embargo siguió con atención el giro decisivo que en su siglo experimentó la matemática, y no sólo como espectador, como observa Ronchi[9], sino como actor. Cuando Hobbes comenzó

---

[7] En «La refracción y el olvido cartesiano» silencia por completo a Hobbes. En el resto del libro también. SERRES, M., *Historia de las ciencias*, Madrid, Cátedra, 1991.

[8] RONCHI, V., *Histoire de la Lumière*, Paris, Éditions Jacques Gabay, 1956, pp. 172-173.

[9] «Thomas Hobbes, au cours de sa vie presque centenaire, a vécu presque entièrement la période historique de ce profond bouleversement des directives philosophiques de la science, et pas seulement comme spectateur; également comme acteur.» RONCHI, V., Introducción al *Traité de l'homme*, Paris, Albert Blanchard, 1974, p. 20.

sus estudios, lo que se enseñaba era los *Elementos* de Euclides; tenía 49 años cuando Descartes publicó su *Geometría*, que dio origen a la geometría analítica, y a su muerte en 1679 ya Newton había redactado sus primeros escritos sobre el cálculo fluxional, y Leibniz estaba plenamente dedicado a las matemáticas.

Sería extraño que un hombre tan receptivo como Hobbes no hubiera sido influido por esas nuevas matemáticas y por los hombres que hacían la ciencia de su siglo. Porque además de un trato personal con muchos de ellos (sobre todo del círculo de Mersenne), en ocasiones agrio, como es el caso de Descartes, mantuvo una relación de amistad con Galileo, por medio de cartas y de su visita en Florencia, y con Harvey, con quien sostuvo un trato más personal. Hacia estos dos últimos van dirigidos de manera especial los elogios que les dedica:

> «Galileo fue el primero de nuestra época en abrir las puertas del conocimiento del *movimiento*. (...) Harvey ha descubierto por primera vez, con admirable sagacidad, la ciencia del *cuerpo humano*, la parte más provechosa de la ciencia natural».[10]

Éste fue el escenario en el que se representó la nueva ciencia, en el que Hobbes figuró no como protagonista pero tampoco como mero espectador.

La Filosofía

Cuando comenzó a interesarse directamente por la ciencia, Hobbes ya tenía una formación filosófica, a la que él había dado un carácter muy personal.

Pensaba, en primer lugar, que la Filosofía era «un conocimiento de los efectos de las apariencias, que adquirimos por un verdadero raciocinio a partir del conocimiento previo que tenemos de sus causas o generación; y a su vez, de las causas y generaciones que se derivan de un conocimiento previo de sus efectos».[11]

La verdad no consiste ya, como en la filosofía clásica, en la adecuación de la mente y la cosa, sino en un acuerdo sobre el sentido de los términos en que se expresa en las definiciones. Por eso una de las teorías más conocidas de Hobbes es su teoría de los signos: las palabras son «marcas», que tienen una función privada de recuerdo, o «signos», que tienen una función pública de comunicación. E Yakira hace notar que

---

[10] En WATKINS, J. W. N., *Qué ha dicho verdaderamente Hobbes*, Madrid, Doncel, 1972, p.60.

[11] En este *Tratado sobre el Cuerpo*, I, 2.

> «En efecto, Hobbes llega incluso a interpretar la relación entre causa y efecto como una relación simbólica. Al consecuente —dice— lo llamamos 'signo' del antecedente, y viceversa. Esta semiótica generalizada corrobora, sin duda, el sentimiento de que en su teoría están muy presentes ciertos aspectos formales; pero lo esencial está no obstante en la función comunicativa de los signos. Al igual que todo lo que saca al hombre de su natural soledad es artificial, la lengua es el resultado de un acuerdo entre los hombres. Las definiciones que establecen el significado (o tal vez el uso) de los signos son, pues, convenciones».[12]

Y respecto a la composición de lo real, ésta está formada por una sola substancia (no dos, como pretendía su aborrecido Descartes), en lo que coincide con Spinoza: «Deus, sive natura, sive substantia». Pero esta única substancia es de orden material y se comporta de una forma mecanicista, esto es, de acuerdo con las leyes de la mecánica. En esta teoría mecanicista influyó notablemente, tanto en Hobbes como en Descartes, la teoría de Harvey de la circulación de la sangre que, al decir de Rossi,

> «se convirtió en el punto de partida de la biología mecanicista y se presentó como una auténtica revolución frente a la fisiología galénica».[13]

Esta mirada mecanicista se extendió a todos los ámbitos de la realidad, hasta el punto de que F. Tönnies, al juzgar a Hobbes en este aspecto, dice que:

> «Hobbes es materialista como lo es todo el mundo o está camino de serlo»[14]

Esta solución materialista, aplicada a la cuestión cuerpo-mente fue, en opinión de Crombie,

> «Un intento de corregir la unidad de la teoría que pretende la ciencia, mostrando que los fenómenos mentales podían derivarse exhaustivamente de las leyes que gobiernan el comportamiento de la materia o reducirse a ellas. (...) Es natural que desde el principio el materialismo estuviera asociado con el propósito de convertir una mitad de la dualidad cartesiana en un sistema de metafísica antiteológica que enarbolara la bandera de la Ciencia.»[15]

---

[12] YAKIRA, E., *Pensée et calcul chez Hobbes et Leibniz*, en ZARKA, Y. Ch. y BERNHARDT, J.,*Thomas Hobbes. Philosophie première, théorie de la science et politique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1990, p. 132.

[13] ROSSI, P., *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*, Barcelona, Crítica, 1998, p. 170.

[14] TÖNNIES, F., *Vida y doctrina de Thomas Hobbes*, Madrid, Revista de Occidente, 1932, p. 155.

[15] CROMBIE, A. C., *Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo/2*, Madrid, Alianza Editorial, 1974, pp. 276-277.

El mundo animal forma parte de este mecanismo pero con movimientos que le son propios: está por una parte el movimiento *vital* de la sangre en movimiento por el cuerpo (Harvey), y es un movimiento no consciente ni libre. Por otra parte está el movimiento *animal*, que es voluntario y consciente, que nace de la imaginación; y el *conatus*: el impulso vital que Spinoza extendió a todo el universo.

No obstante, la mentalidad de Hobbes le lleva a valorar una mecánica rígida, precisa y previsible, como una mecánica de relojería (el reloj del universo). El poder absoluto del Leviatán tendría esas características de seguridad y solidez. La democracia en cambio, aun siendo también un mecanismo, se asemejaría más a una «mecánica de fluidos», más blanda, de resultados menos precisos, pero que podría funcionar también satisfactoriamente. Hobbes no simpatizaría con ella, como no lo hacía con las nuevas tendencias de la geometría analítica y del cálculo infinitesimal. Se separaban demasiado de la mecánica que él proponía.

Ahora bien, y esto es fundamental en Hobbes, todo el *conatus* de la vida está ordenado a la acción, a actuar sobre el medio y los demás hombres, *conatus* que está en la base de todo poder. Tesis que heredarán en su integridad los pragmatismos posteriores:

> «El *fin* u *objeto* de la filosofía es que podamos utilizar en beneficio propio los efectos previamente previstos o que, por aplicación de unos cuerpos a otros, podamos producir efectos iguales a los que concebimos en nuestra imaginación, en la medida en que la materia, la fuerza y la industria lo permitan, para comodidad de la vida humana (...). El fin del conocimiento es el poder (...) y el objeto de toda especulación es es la realización de alguna cosa o acto»[16]

De esta unidad de la substancia y del carácter material de la misma se ha tratado de concluir el carácter ateo de la filosofía de Hobbes. No es una cuestión tan clara. Podría hablarse, como en Spinoza, de un panteísmo (en el que toda la materia quedara divinizada) o simplemente de un pancosmismo, que parece más coherente. Incluso el propio Copleston se opone a la calificación de ateísmo para la filosofía de Hobbes, y cita en su apoyo las palabras de éste cuando dice que:

> «... es imposible hacer ninguna investigación profunda en la naturaleza de las causas sin sentirse inclinado a creer que hay un Dios eterno, aunque ellos [los hombres] no puedan tener de Dios ninguna imagen que se adecue con su naturaleza.»[17]

---

[16] Capítulo I, 6, de este tratado.

[17] COPLESTON, F., *Historia de la Filosofía*, Barcelona, Ariel, 1975, 2(ed., vol. 5, p. 16.

No lo entendieron así las autoridades de Oxford que, a poco de la muerte de Hobbes, ordenaron la quema de sus libros mientras los estudiantes bailaban alrededor de la hoguera.

Existe, efectivamente, una inconsistencia al establecer por una parte el carácter material y mecánico de la realidad, de toda realidad, y aceptar a la vez la existencia de un Ser supremo que, según las características que le atribuía el uso del lenguaje, no participaba de esas características. Aquí, una vez más, nos debatimos en la duda de hasta dónde algunas afirmaciones de Hobbes son sinceras o meros expedientes para huir de la censura. G. Saphiro observa acertadamente que:

> «Algunos críticos han sugerido que Hobbes es un caso paradigmático cuyo propio estilo de escritura viola las normas que él establece para el discurso racional. La filosofía –dice– 'rechaza expresamente no sólo la pintura y los falsos colores del lenguaje sino incluso sus mismos ornamentos y gracias.' (...) Sin embargo llama la atención su sagacidad para lo dramático o lo metafórico, como en la gran '*mise en scène*' que es el estado de naturaleza o en la extraordinaria metáfora del estado como un hombre artificial.»[18]

Pero esto no le sucede únicamente a Hobbes. Tenemos el caso espléndido de Platón, uno de los grandes creadores de *logos* y a la vez de *mitos*, y de muchos filósofos de sistema. Y puede observarse de paso que no es necesario estar de acuerdo en lo fundamental con Hobbes (ni con Platón) para que su lectura resulte una fuente de sugerencias y de enseñanzas. Un personaje tan alejado de Platón y sus dos mundos como John Dewey, llega a recomendar una «vuelta a Platón», pero no al Platón artificial construido por unos comentaristas sin imaginación, sino al Platón dramático, incansable y dialogante del los *Diálogos*, cuyos altos vuelos metafísicos terminaban siempre con un giro social y práctico»[19] Y este elogio es tanto más desinteresado cuanto que no sólo su método sino incluso su temperamento le alejaba tanto del filósofo griego. Dewey reconoció que Platón le seguía suministrando sus lecturas filosóficas favoritas.[20]

Con Hobbes puede suceder algo parecido. El camino que traza lleva a un lugar al que casi nadie quiere ir (al *Leviatán*), pero a lo largo de ese trayecto Hob-

---

[18] SHAPIRO, G., *Reading and Writing in the Text of Hobbes's Leviathan*, en «Journal of the History of Philosophy», 1980, vol. 18.

[19] DEWEY, J., en *The Philosophy of John Dewey*, edited by McDermott, J. J., Chicago and London, The University of Chicago Press, 1981, p. 8.

[20] Ibíd.

bes ha ido dejando observaciones y pensamientos que hacen que su lectura resulte estimulante.

La Ciencia

Su ciencia es un modo de mirar el universo, que puede trasladarse a ámbitos no considerados científicos. Pero antes de llevar a cabo esa extrapolación, Hobbes estudia concienzudamente qué dice la ciencia de su tiempo. Incluso se atreve a introducir aportaciones que considera estimables. En su época aún era posible, aunque ya por poco tiempo, conocer el estado de toda la ciencia: la astronomía, las matemáticas, la medicina, etc., cabían en una sola cabeza, y Hobbes no fue el único en llevar a cabo semejante trabajo. El desarrollo de los teoremas geométricos y la formulación de hipótesis nuevas para comprender el universo exterior, así como la nueva visión del cuerpo humano que se desprendía de la medicina más reciente, iba conformando —así lo esperaba él— su modo de pensar para poder trasladarlo luego al ámbito de la política con nuevos instrumentos mentales.

Las Matemáticas

La sorprendente dedicación de Hobbes a las matemáticas tiene sus raíces en su propia filosofía; sobre todo en su concepción del raciocinio como cálculo: *ratiotinatio idem est ac computatio*. Y además, en su concepción, muy participada en su siglo, de que el universo estaba escrito en lenguaje matemático. Según esta convicción las leyes matemáticas, como le sucedía a la geometría de Euclides, estaban inscritas en el diseño del universo. En consecuencia, la labor más alta que podía realizar un hombre era indagar esos principios mediante el raciocinio. Él lo expresa así:

> «Por razonamiento entiendo la computación. Y computar es *hallar la suma de varias cosas añadidas o conocer lo que queda cuando de una cosa se quita otra*. Por lo tanto razonar es lo mismo que *sumar* y *restar*, y si alguien añade a esto *multiplicar* y *dividir*, no estoy de acuerdo ya que la *multiplicación* es la *suma* de cosas iguales, y la *división* la resta de cosas iguales cuantas veces se pueda hacer. Por lo tanto todo razonamiento se reduce a estas dos operaciones de la mente: la *suma* y la *resta*.»[21]

[21] Cap. I, 2. de este tratado.

Y este modo de razonar se adapta a la naturaleza de la realidad porque ésta está escrita precisamente en ese lenguaje. Sin formularlo, Hobbes participaba de la idea de la armonía preestablecida de Leibniz, al menos en el sentido de que la razón y la realidad se avenían perfectamente. Lo real era racional. Lo cual no suponía ninguna novedad desde los griegos, pero venía confirmado por las deslumbrantes comprobaciones respecto a los movimientos de los astros, a las predicciones de los eclipses, etc.

De aquí que Hobbes no regatee elogios hacia las matemáticas:

> «Ya que lo que redunda en beneficio de la vida humana de la observación de los astros, de la descripción de la tierra, de la medida del tiempo, de las largas navegaciones; lo que hay de bello en los edificios, de sólido en las fortificaciones, de maravilloso en las máquinas; en fin, lo que diferencia el tiempo presente de la barbarie antigua, casi todo se lo debemos a la geometría. Porque lo que debemos a la física, ésta se lo debe a la geometría. Y si los filósofos morales hubieran desempeñado su oficio con parecido éxito, no veo cómo el esfuerzo del hombre habría podido contribuir mejor a su felicidad en esta vida.»[22]

Hobbes nunca ocultó su admiración por el progreso que, desde la invención de los números por los hindúes o los babilonios, había experimentado el conocimiento humano. Pero si hubiera valorado los vaivenes de la historia de las matemáticas, sus dependencias primeras de las necesidades de la agricultura para normalizar las tareas del campo, y más tarde de la industria rudimentaria para acometer las construcciones y monumentos de la ingeniería antigua, entonces es posible que habría suavizado el carácter absoluto que concedía al lenguaje matemático.

En cuanto a los números, parece que fueron los problemas del cero y de los números negativos los que le llevaron a considerar los números como nombres.[23]

En cualquier caso, y dentro de la historia general de las matemáticas, el siglo XVII supone un punto de inflexión de importancia capital: Galileo, Descartes, Newton y Leibniz, todos ellos contemporáneos de Hobbes, marcaron el nuevo camino que había de seguir la matemática moderna:

---

[22] En el *Tratado sobre el Ciudadano*, Dedicatoria.

[23] Ver PYCIOR, H. M., *Symbols, Impossible Numbers, and Geometric Entanglements*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997, p. 142.

> «Sea como sea, se reconoce universalmente que el medio siglo comprendido entre 1637 y 1687 es la fuente de las matemáticas modernas. La primera fecha señala la publicación de la *Geométrie* de Descartes, y la segunda la de la publicación de los *Principia* de Newton.»[24]

Hobbes no fue insensible al fenómeno dentro del cual vivía, y esta conciencia se manifestó en forma de entusiasmo y de la gran esperanza de que también las conductas humanas llegarían a producirse racional y armoniosamente.

Pero en ningún caso llegó Hobbes a pensar las matemáticas al modo platónico como si los teoremas estuvieran preinscritos en algún *topos ouranós* del cual serían bajados penosamente por los hombres a este mundo de sombras. Más bien sería al contrario: serían las necesidades de este mundo de sombras las que llevarían a los hombres a elaborar catálogos de generalidades, de los cuales participarían las matemáticas, que se revelarían muy útiles para el trato con la realidad más inmediata.

De ahí que se sintiera más interesado por la geometría que por la aritmética o el álgebra. Las dos corrientes que han seguido las matemáticas: la del número y la de la forma, que se corresponden con la aritmética y el álgebra la primera, y con la geometría la segunda, se fundieron precisamente en el siglo XVII con la geometría analítica que permitía tratar las formas algebraicamente. Hobbes conoció esta fusión pero siguió otorgando la primacía a la geometría. No es difícil pensar en Hobbes imaginando a Sócrates o a algún geómetra de Grecia, realizando con un palo en la tierra del ágora figuras geométricas torpes y elementales, que tenían su correlato ideal en el que podían tratarse matemáticamente. Pero Hobbes pensó siempre, como dice Jesseph, en

> «... la inadecuación de esta conjunción de geometría y aritmética por mediación del álgebra. Hobbes argumenta que, lejos de hacer más inteligible la geometría, el uso del álgebra es una fuente de confusión y error.»[25]

A pesar de la evidencia de que la introducción del álgebra en el tratamiento de las figuras geométricas permite soluciones más limpias y más sencillas que ese mismo tratamiento con regla y compás en la geometría clásica.

---

[24] BELL, E. T., *Historia de las Matemáticas*, Méjico, Fondo de Cultura Económica, 1985, p. 141.

[25] JESSEPH, D. M., *Of analytics and indivisibles: Hobbes on the methods of modern mathematics*, en «Revue d'Histoire des Sciences», 1993, XLVI/2-3, p. 159.

Fue precisamente la llegada de la geometría analítica la que levantó una discusión sobre cuál habría sido la disciplina original en matemáticas, si la aritmética o la geometría. Hobbes estuvo siempre de parte de la geometría. Y según algunos críticos[26], aquí residió el fracaso de sus discusiones con Wallis.

Una razón de su preferencia por la geometría habría sido su presupuesto empirista de que todo conocimiento en el hombre tiene su comienzo en los sentidos, con los cuales la geometría se encuentra más a gusto que la aritmética. Es la condición de extensión común a todo cuerpo la que le hace sujeto primario de la geometría. Y fue esta tozudez de Hobbes en mantener unos principios radicales sobre la materia y la extensión la que la impidió no ya integrarse en las corrientes de la nueva matemática sino ni siquiera comprenderla. En política le sucedió algo parecido con la democracia.

Pycior observa que:

> «Al igual que Hobbes, Berkeley argumentaba que la geometría era la más alta ciencia matemática, debido a que trataba con la extensión. Pero dado que Berkeley rechazaba la materia con existencia independiente de la mente, la posición de Berkeley en geometría —aunque desde el punto de vista matemático era muy próxima a la de Hobbes— difería en un aspecto filosófico fundamental. Para él la infinita extensión de la geometría existía únicamente en la medida en que era perceptible.»[27]

Otra característica notable de Hobbes respecto a los matemáticos contemporáneos suyos, fue su resistencia a aceptar la geometría analítica de Descartes y su reticencia al «método de los indivisibles» de Cavalieri. Su rechazo del método analítico fue radical, mientras que sus reservas con el «método de los indivisibles» fueron mucho más matizadas. Por de pronto, estaba familiarizado con el método, y en el cap. 20 de este *Tratado sobre el Cuerpo* lleva a cabo un estudio del movimiento, de la magnitud y de la figura, que revela una dependencia de Cavalieri. Una especial dependencia se advierte también en el cap. 17 al tratar de las figuras deficientes.

Otro viejo problema, el de la cuadratura del círculo, que consistía en hallar un cuadrado de la misma superficie que un círculo dado, por métodos exclusiva-

---

[26] Ver JESSEPH, D. M., *Of analytics and indivisibles: Hobbes on the methods of modern mathematics*, en «Revue d'Histoire des Sciences», 1993, XLVI/2-3, p.173.

[27] PYCIOR, H. M., *Mathematics and Philosophy: Wallis, Hobbes, Barrow and Berkeley*, en «Journal of the History of Ideas», 48, 1987, p. 278.

mente geométricos (regla y compás), le ocupó a Hobbes bastantes años sin que llegara a darse cuenta de la irresolubilidad de la cuestión planteada en esos términos, y que le supuso no sólo un derroche vano de energías sino la enemistad de varios colegas y el descrédito en sus polémicas, especialmente con Wallis.

No es ocioso insistir en que varios de los errores que Hobbes cometió en ciencia tienen su reflejo al tratar de la política. En la «ciencia política» de Hobbes no hay lugar para Maquiavelo, es decir, para la política como arte, pero la falta de imaginación política puede ser tan grave como una mala gestión. El principal reproche que puede hacerse a Hobbes en este terreno no es el de haber introducido las matemáticas en la ciencia política sino el de no haberlas introducido suficientemente, ya que la matemática, contra lo que Hobbes pensaba, es una de las ciencias más imaginativas y por ello próximas al arte. Es interesante la opinión de E. T. Bell en su *Historia de las matemáticas* cuando dice:

> «Pero ninguna economía en desarrollo puede mantenerse con reglas empíricas; si son posibles nuevas aplicaciones de una ciencia que se extiende rápidamente, se debe a que personas que están dotadas del talento necesario se dedican al desarrollo de teorías matemáticas difíciles y oscuras que están fuera del alcance de un estudiante. Lo que cuenta en las matemáticas es la imaginación y la rigurosa demostración, y no la exactitud numérica de una máquina o de un laboratorio de calculistas.»[28]

Polémicas

Uno de los terrenos en los que Hobbes se manifestó con más fuerza fue en la polémica pública con personajes conocidos. Posiblemente la más ruidosa, dada la condición del oponente, fue la que sostuvo con Bramhall, obispo de Derry, sobre temas religiosos y literarios. En la cuestión de la libertad y la necesidad que, en religión, se desarrolló dentro de la polémica más amplia de la predestinación, Hobbes adoptó, como era de esperar, el punto de vista determinista. Pero no fue ésta la batalla dialéctica que tenía más que ver con las cuestiones que planteaba la ciencia.

[28] BELL, E. T., *Historia de las Matemáticas*, Méjico, Fondo de Cultura Económica, 1985, p. 17.

Wallis

Sí tuvo en cambio un interés directo la polémica con el matemático Wallis, contra el que Hobbes se empleó a fondo incluso en cuestiones en las que Wallis le llevaba una manifiesta ventaja. Ambos contendientes emplearon sus respectivos entusiasmos porque estaban convencidos de que lo que estaba en juego no era meramente una cuestión matemática (v. gr. la cuadratura del círculo) sino su propio prestigio. Según Pycior:

> «Dado que Hobbes parecía vincular –según Pycior– la comprensión de las matemáticas con la comprensión de la religión, Wallis y Boyle llegaron a la conclusión de que 'el modo más eficaz de anular el *Leviatán* y socavar la influencia de Hobbes era no refutar el *Leviatán* capítulo a capítulo sino esforzarse para desacreditar a Hobbes como matemático y científico'.»[29]

Era por lo tanto no la sabiduría matemática de Hobbes sino el anticlericalismo formulado en el *Leviatán* lo que estratégicamente se combatía en este «deplorable asunto», en expresión de J. F. Scott[30], y que les ocupó durante un cuarto de siglo.

A estas implicaciones religiosas de la cuestión se sumaban las políticas: Wallis reprochaba a Hobbes haber escrito el *Leviatán* en favor de la causa de Cromwell y en perjuicio de la del rey, con lo cual la polémica lograba situarse en el ojo del huracán político del momento. Situación que favorecía a Hobbes, que se movía con más dominio de la situación en política que en matemáticas.

En una carta a Huygens, Wallis escribió:

> «Nuestro Leviatán está atacando y destruyendo furiosamente nuestras Universidades (y no sólo las nuestras sino todas) y en especial a los ministros, al clero y a toda la religión, como si el mundo cristiano no tuviera un conocimiento sólido (...) y como si los hombres no pudieran entender la religión si no entendieran la filosofía, ni ésta si no tuvieran conocimientos de matemáticas. Por esto parecía necesario que un matemático le mostrara, por el procedimiento inverso de razonamiento, lo poco que él comprende las

[29] PYCIOR, H. M., *Symbols, Impossible Numbers, and Geometric Entanglements*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997, p. 143.

[30] SCOTT, J. F., *The Mathematical Work of John Wallis*, New York, Chelsea Publishing Company, 2.ª ed., 1981, p. 166.

> matemáticas de las que toma su energía; y no debería asustarnos al hacer esto su arrogancia, ya que sabemos que vomitará contra nosotros su venenosa inmundicia.»[31]

Pero esta seguridad de Wallis no mejoró su reputación dado que algunos estimaban que la ferocidad que mostró en sus ataques no era la más indicada contra un anciano que estaba ya en sus últimos días.

En cualquier caso, la polémica, que tiene un núcleo de cuestiones matemáticas, rebasó ampliamente ese ámbito y se convirtió en una guerra entre dos concepciones antagónicas de la situación de Inglaterra y de la propia concepción de la Filosofía e incluso del hombre.

Dos fueron los temas principales de la polémica con Wallis: la cuadratura del círculo y la cuestión de los indivisibles.

Hobbes fue uno de los últimos cuadradores de círculos de la historia de las matemáticas. Y su obstinación en este asunto se debe, como queda dicho, a su preferencia por la geometría frente a la aritmética y el álgebra. Pero habría que esperar a 1882, año en el que la fijación de π declarase la cuestión de la cuadratura como geométricamente insoluble.[32] Pero en vida de Hobbes el problema estaba aún vivo, y su enfrentamiento con Wallis representaba la lucha de las matemáticas clásicas frente a las modernas al margen del prestigio de cada oponente, e implicaba las tesis que cada uno de ellos defendía en otros terrenos.

Otra cuestión de más entidad fue la de los indivisibles, método ideado por Cavalieri, pero cuya aplicación por parte de Wallis fue duramente atacada por Hobbes. Así como la cuadratura del círculo era una cuestión que agonizaba, ésta de los indivisibles por el contrario abría un espacio nuevo y de amplitud insospechada a las matemáticas con la aparición del cálculo infinitesimal. Y el papel de Hobbes no fue tan desairado como pudiera parecer, cuando mereció por parte Leibniz elogios sin reserva.

---

[31] SCOTT, J. F., *The Mathematical Work of John Wallis*, New York, Chelsea Publishing Company, 2.ª ed., 1981, pp. 170-171.

[32] Fue Lindemann en 1882 el que demostró que el lado de un cuadrado de radio r es igual a π. Pero construir un segmento de π no es posible geométricamente al ser π un número trascendente. No obstante, el problema de la cuadratura puede ser resuelto ampliando los medios de construcción, p. ej., utilizando ciertas curvas trascendentes llamadas *cuadratrices*.

Barrow

De hecho, en la polémica sobre la primacía de la geometría sobre la aritmética y el álgebra, Hobbes tuvo de su parte a Barrow, uno de los matemáticos de más prestigio del momento.

Isaac Barrow, teólogo y físico, fue maestro de Newton y es considerado también un precursor de Leibniz en el cálculo infinitesimal. Su condición de ministro anglicano y sus opciones políticas le situaban ya en principio en una postura vital muy distinta de la de Hobbes. Sin embargo su filosofía de las matemáticas no era muy distante: Barrow, como Hobbes, defendía la superioridad de la geometría por ser una ciencia que se nutría directamente de lo sensible, es decir, de magnitudes y extensiones. En este sentido, Barrow y Hobbes se oponían al álgebra de Wallis por la misma razón: no daba cuenta satisfactoriamente de los números negativos ni de los imaginarios.

Boyle

Con Robert Boyle la cuestión fue muy distinta: lo que estaba en juego no era una teoría o una preferencia sino un nuevo elemento que se hacía presente en la investigación científica: el valor de la experimentación, entendida como la producción artificial y repetible de fenómenos que se daban en la naturaleza.

Lo verdaderamente nuevo no era el hecho de la experimentación sino el valor gnoseológico que se le debía atribuir. S. Shapin lo formula del modo siguiente:

> «Nuestro tema es el experimento. Lo que queremos comprender es la naturaleza y el 'status' de las prácticas experimentales y sus productos intelectuales. Éstas son las cuestiones para las que buscamos respuestas: ¿Qué es un experimento? ¿Cómo se lleva a cabo un experimento? ¿Cuáles son los medios por los que de un experimento se puede decir que produce verdades de hecho, y cuál es la relación entre hechos experimentales y constructos explicativos? ¿Cómo se identifica un experimento exitoso y cómo se distingue el éxito del fracaso experimental? Debajo de esta serie de preguntas particulares subyacen otras más generales: ¿Por qué se hacen experimentos en orden a llegar a una verdad científica? ¿Es el experimento un medio privilegiado para llegar a un conocimiento de la naturaleza acordado consensualmente, o existen otros medios posibles? ¿Qué es lo que aconseja el uso del experimento sobre otras alternativas?»[33]

[33] SHAPIN, S. & SHAFFER, S., *Leviathan and the Air-Pump*, Princeton University Press, 1985, p. 3.

Detrás de estas cuestiones había un hecho notablemente experimental: la bomba de aire ideada y construida por Boyle para experimentar con el aire y el vacío. Pero sobre todo estaba en cuestión el valor del experimento para dar origen a verdades científicas. Boyle pensaba que sí, que la experimentación era fuente de auténtico conocimiento científico, mientras Hobbes pensaba lo contrario: que un experimento podía ilustrar o explicar pero no demostrar.

Según Sapin y Shaffer no hay que situar la polémica como si se tratara de discusiones entre un hombre de ciencia (Boyle) y un filósofo político (Hobbes), sino entre dos pensadores que tenían cada uno sus teorías políticas y científicas. Y B. Latour comenta que:

> «Este cuadro no sería tan interesante si las ideas de los héroes de estas dos historias estuvieran muy alejadas; por ejemplo, si uno fuese un filósofo en la línea de Paracelso y el otro un legislador a lo Bodin. Pero, por suerte, están de acuerdo en casi todo. Quieren un rey, un Parlamento, una Iglesia dócil y unificada, y son fervientes adeptos a la filosofía mecanicista. Pero aunque ambos sean profundamente racionalistas, sus opiniones divergen respecto a lo que puede esperarse de la experimentación, del razonamiento científico, de la argumentación política y, sobre todo, de la bomba de aire, verdadero protagonista de nuestra historia.»[34]

El eje de la polémica se sitúa en la bomba de aire ideada por Boyle (sería un error hablar de bomba de vacío porque eso prejuzgaría lo que estaba en juego: las teorías de los plenistas y los vacuistas). Hobbes mantenía una ontología plenista porque la consideraba más coherente con su mecanicismo radical, aunque encontró escaso apoyo entre los «filósofos naturales» del momento. Y a la vez negaba a la experimentación valor epistemológico alguno. Boyle por su parte se arriesgó, como dicen Sapin y Shaffer, a escoger un método de argumentación «deslegitimado por la más vieja escolástica»: el de la *doxa* en lugar del razonamiento apodíctico. No se excluyen ni el razonamiento lógico ni las matemáticas, sino que se reclama, para determinadas situaciones, un argumento próximo a los procedimientos jurídicos, el de los testigos fiables que pueden dar un status científico a una verdad de hecho.

> «Boyle inventa, de esta forma, el estilo empírico que nosotros utilizamos hoy en día.»[35]

---

[34] LATOUR, B., *Nunca hemos sido modernos*, Madrid, Debate, 1993, p. 34.

[35] LATOUR, B., *Nunca hemos sido modernos*, Madrid, Debate, 1993, pp. 35-36.

En consecuencia, se trataba de una lucha excluyente (y aquí está la cuestión) entre el argumento de razón y el de los testigos de un hecho experimental. Boyle llegó incluso a invocar una cláusula legal sobre la traición de Clarendon en 1661, según la cual dos testigos eran suficientes para condenar a un hombre. En el caso del experimento los testigos podían ser muchos más. Pero Hobbes se opone a legitimar el valor de los testigos en cuestiones científicas porque (aparte de que los socialmente sospechosos carecerían de valor testimonial) esta práctica pretendía suplantar el auténtico valor de la razón y de la argumentación como fuente de conocimiento científico. B.Latour lo expresa con fuerza cuando dice:

> «¿Cómo puede la experiencia del pájaro [que se asfixia en el experimento de Boyle] traducir, desplazar, transportar, deformar todas las otras controversias, de tal forma que aquellos que controlan la bomba controlen igualmente al rey, a Dios y a todo el contexto?»[36]

Todas estas sucesivas polémicas encuentran un reflejo en este *Tratado sobre el Cuerpo*, que debe leerse sobre el fondo del momento intelectual de inflexión y de crisis del siglo XVII.

Por eso, como editor de este texto de Hobbes, me complace ponerlo a disposición de los filósofos e historiadores de la ciencia o, simplemente, de los interesados en los orígenes de la modernidad y del apasionado siglo XVII.

Lo pongo también a disposición de los que se ocupan de filosofía política. La ciencia de cada época crea determinantes políticos, y no porque suministre, a través de la técnica, nuevas armas o instrumentos de control de los ciudadanos, sino porque la ciencia proporciona también una idea de la realidad que el filósofo político no puede ignorar. Y si esto ha sido verdad antes, lo es especialmente a comienzos de este milenio con tantos interrogantes políticos sin resolver. La reacción del pensador político puede ser tanto de aceptación de nuevos presupuestos como de negación a dejarse absorber por procedimientos que son exclusivos de la ciencia natural. La presencia de Hobbes puede ser en ambos sentidos estimulante.

[36] LATOUR, B., *Nunca hemos sido modernos*, Madrid, Debate, 1993, p. 40.

ESTA TRADUCCIÓN

Esta traducción, primera que se publica en castellano sobre el texto de Hobbes *De Corpore*, está realizada a partir del texto latino publicado por Molesworth en 1839. Es cierto que ese texto original ha sido sometido a reformas y revisiones, en primer lugar por el traductor al inglés, contemporáneo de Hobbes, y que, si hemos de dar crédito a su testimonio, contó con la aprobación del propio Hobbes.

La razón de atenernos al texto latino reside en que es el texto original, y en que el texto inglés, que en ocasiones se desvía notablemente de él, no introduce aclaraciones fundamentales. De manera especial en los capítulos XVII y XX las diferencias entre ambos textos son considerables.

A pesar de todo, aún no disponemos de una edición suficientemente crítica (como sucede en el caso del *De Cive*) para preferirla a la de Molesworth que aquí se utiliza.

No debo terminar esta introducción sin agradecer la colaboración que me ha prestado el Departamento de Antropología, Lógica y Filosofía de la Ciencia, de la UNED, y muy especialmente Manuel Sellés y Piedad Yuste por sus observaciones y por el valioso material que me han facilitado. El Departamento de Filosofía Moral y Política hace ya años que me viene proporcionando una ayuda fundamental.

Espero que este texto venga a llenar una carencia en los estudios de Hobbes en castellano y que contribuya en parte a completar lo que ya se ha llamado «el rompecabezas hobbesiano».

JOAQUÍN RODRÍGUEZ FEO

Madrid, octubre 2008

TRATADO SOBRE EL CUERPO

AL LECTOR

No creas, amigo lector, que la Filosofía, cuyos elementos me propongo aquí ordenar, es aquélla por la cual se hacen las piedras filosofales, ni la que se exhibe en los códices metafísicos, sino la razón humana natural, que revolotea afanosa por todas las cosas creadas, recogiendo todo lo que hay de verdadero sobre su orden, sus causas y sus efectos. La Filosofía por lo tanto, hija de tu mente y del mundo entero, está en tí mismo; tal vez aún no formada sino a imagen de su padre el mundo, informe como era al principio. Por consiguiente tienes que hacer lo que hacen los escultores que, al eliminar la materia que sobra, no fabrican la imagen sino que la encuentran. O bien imitar la creación: vuele tu razón sobre el abismo confuso de tus pensamientos y tus experiencias, si te has de dedicar seriamente a la Filosofía. Las cosas confusas se han de discutir y distinguir, se han de ordenar con los nombres asignados a cada una, es decir, hace falta un método semejante a la creación de las cosas mismas. Y el orden de la creación fue: *la luz, la distinción del día y de la noche, el firmamento, las luminarias, las cosas sensibles, el hombre*. Y luego, después de la creación, *el mandato*. Por lo tanto, el orden de la contemplación será: *la razón, la definición, el espacio, los astros, la cualidad sensible, el hombre*. Y después, una vez que el hombre se haya hecho adulto, el *ciudadano*. En consecuencia, en la primera parte de esta sección, que se denomina *Lógica*, enciendo la luz de la razón. En la segunda, que es la *Filosofía Primera*, distingo con definiciones precisas las ideas de las cosas más comunes para eliminar lo ambiguo y lo oscuro. La parte tercera se ocupa de la expansión del espacio, esto es, de la Geometría. La cuarta comprende los movimientos de los astros y además la cualidad sensible. En la sección segunda se considerará, con la ayuda de Dios, la naturaleza del hombre. En la tercera el ciudadano, que ya ha sido considerado. Éste es el método que he seguido, y que tú, si te gusta, puedes usar. Por lo tanto, no te recomiendo el mío sino que te lo propongo. Pero cualquiera que sea el método que hayas de usar, sí quisiera recomendarte mucho la Filosofía, es decir, la dedicación a la sabiduría, de cuya falta todos hemos padecido recientemente muchos males. Porque también los que son inclinados a las riquezas aman la sabiduría, ya que sus tesoros les agradan como un espejo en el que puedan ver y contemplar su sabiduría. Y los que gustan de dedicarse a los negocios públicos no

buscan otra cosa que un lugar en el que puedan explicar la sabiduría que poseen. Ni siquiera los voluptuosos descuidan la Filosofía por otra razón sino porque desconocen cuánto placer les puede proporcionar la unión durable y sana del hermoso mundo con el alma. Y por último, y aunque sólo fuera por esto, te recomiendo la Filosofía (ya que a la mente humana no le repugna menos el tiempo vacío que a la naturaleza el espacio vacío) para que no seas importuno a los hombres ocupados ni te veas obligado por exceso de ocio a acercarte, para tu mal, a gente de vida fácil. Un saludo.

Thomas Hobbes.

Parte Primera
COMPUTACIÓN O LÓGICA

CAPÍTULO I
LA FILOSOFÍA

1. Introducción. 2. Definición explicada de Filosofía. 3. Raciocinio de la mente. 4. La propiedad. 5. Cómo la propiedad se deriva de la generación y viceversa. 6. Fin de la Filosofía. 7. Utilidad. 8. Contenido. 9. Partes. 10. Epílogo.

1. Me parece que la Filosofía se encuentra hoy entre los hombres como se cuenta que en los primeros tiempos se encontraban el trigo y el vino en la naturaleza. Pues al comienzo de las cosas ya había vides y espigas diseminadas por los campos, pero no había cultivo alguno. De esta forma, se vivía de bellotas, y si alguien se atrevía a probar frutos desconocidos o dudosos, lo hacía con daño para su salud. De igual modo la Filosofía, es decir, *la razón natural*, es innata en todo hombre, ya que cada uno razona en alguna medida y sobre algunas cosas. Pero cuando hacen falta una serie larga de razones y un método correcto, muchos se desvían y se pierden como por falta de cultivo. De lo cual se sigue que por lo general se tiene por hombres de más sano juicio a los que contentos con su experiencia cotidiana, como si se contentaran con bellotas, o no echan de menos o rechazan la Filosofía, que aquellos que, sumergidos en cuestiones nada vulgares sino dudosas y recibidas con poco fundamento, discuten y se pelean continuamente como gente de poco juicio. Confieso que la parte de la Filosofía en la que se calculan la magnitud y las proporciones de las figuras ha sido cultivada de forma excelente. Pero como en el resto no he visto todavía que se haya aplicado un trabajo semejante, me propongo, en la medida de mis posibilidades, explicar unos pocos y primeros elementos de la Filosofía en general, como si se tratase de algunas semillas de las que poco a poco pueda surgir la pura y verdadera Filosofía.

Soy consciente de la dificultad que supone arrancar de las mentes de los hombres opiniones inveteradas, confirmadas por la autoridad de autores muy elocuentes. Sobre todo porque la Filosofía verdadera (es decir, rigurosa) rechaza no sólo el artificio del discurso sino expresamente casi todos los adornos, y porque

los primeros fundamentos de toda ciencia lejos de presentarse como brillantes, se presentan como humildes, áridos y casi deformes.

Pero como ciertamente hay algunos, aunque sean pocos, a los que en toda cuestión les agrada la verdad y la misma firmeza de las razones, he creído que había que prestar un servicio a esos pocos. Por lo tanto, entro en materia. Y comenzaré por la misma definición de Filosofía.

2. *La Filosofía es el conocimiento de los efectos o fenómenos por el conocimiento de sus causas o generaciones y, a la vez, de las generaciones que pueda haber, por el conocimiento de los efectos, mediante un razonamiento correcto.*

Para comprender esta definición, conviene considerar en primer lugar que la sensación y la memoria de las cosas, que los hombres tienen en común con todos los seres vivos, aunque sean conocimiento, sin embargo, al venir dadas espontáneamente por la naturaleza y no adquiridas por razonamiento, no son Filosofía.

En segundo lugar, al no ser la experiencia otra cosa que memoria, y la prudencia, o previsión del futuro, no ser sino la expectación de cosas semejantes a las que ya hemos experimentado, tampoco la prudencia considero que deba tenerse por Filosofía.

Por razonamiento entiendo la computación. Y computar es *hallar la suma de varias cosas añadidas o conocer lo que queda cuando de una cosa se quita otra*. Por lo tanto razonar es lo mismo que *sumar* y *restar*, y si alguien añade a esto *multiplicar* y *dividir*, no estoy de acuerdo ya que la *multiplicación* es la *suma* de cosas iguales, y la *división* la resta de cosas iguales cuantas veces se pueda hacer. Por lo tanto todo razonamiento se reduce a estas dos operaciones de la mente: la *suma* y la *resta*.

3. Mostremos pues con algún ejemplo de qué forma con la mente, sin palabras y con un pensamiento silencioso solemos sumar y restar razonando. Si alguien ve a lo lejos algo oscuro, aun sin intervenir término alguno, tiene sin embargo la misma idea de esa cosa que la que tiene cuando dice, con intervención de términos, que esa cosa es un *cuerpo*. Y después de acercarse algo más y de comprobar que esa cosa, de forma cierta, ahora se encuentra en un lugar y después en otro, tendrá la misma idea nueva que la que tiene cuando a tal cosa la llama *animada*. Por último, cuando al estar más cerca vea su figura y oiga su voz y contemple las demás cosas que son signos de un animal racional, adquiere una tercera idea, aunque su nombre no exista todavía; es decir, aquélla por la cual decimos

que algo es *racional*. Finalmente, cuando concibe el conjunto de la cosa ya vista plena y distintamente, aquella idea se compone de las precedentes y, de esta forma, la mente combina dichas ideas en el mismo orden en el que en la oración se combinan estos nombres separados: *cuerpo*, *animado*, *racional*, en un nombre único, o sea, *hombre*. De igual forma, de los conceptos de *cuadrilátero*, *equilátero*, *rectángulo*, se compone el concepto de *cuadrado*. Porque la mente puede concebir un cuadrilátero sin el concepto de equilátero, y un equilátero sin el concepto de rectángulo, y puede estos conceptos separados unirlos en un solo concepto o en una sola idea de cuadrado. Queda pues de manifiesto de qué forma la mente compone los conceptos. Y a su vez, si alguien ve un hombre presente, concibe su idea completa, pero si al marcharse le sigue sólo con la vista, perderá la idea de aquellas cosas que eran signos de razón, pero le quedará en los ojos la idea de animado, y poco después, con la distancia, perderá la idea de animado y quedará sólo la idea de cuerpo, y así, a partir de de la idea completa de *hombre*, es decir, de *cuerpo animado racional*, se elimina la idea de *racional* y queda la de *cuerpo animado*. Poco después, a una distancia mayor, se perderá la idea de *animado* y quedará sólo la idea de *cuerpo* y, finalmente, cuando por la distancia ya no se pueda ver, se va de la vista la idea completa. Y con estos ejemplos creo suficientemente ilustrado lo que es el razonamiento interno de la mente, sin *términos*.

Pero no hay que pensar que la computación, esto es, el razonamiento, tenga lugar solamente en los números como si el hombre se distinguiera de los demás animales sólo por su facultad de numerar (como se cuenta que opinaba *Pitágoras*) ya que se pueden sumar y restar magnitud a magnitud, cuerpo a cuerpo, tiempo a tiempo, grado a grado de calidad, concepto a concepto, proporción a proporción, oración a oración, nombre a nombre (en lo cual se contiene todo género de Filosofía).

Cuando sumamos o restamos cualquier cosa, es decir la relacionamos, decimos que *consideramos*, en griego λογίζεσθαι, así como al mismo computar o razonar se le llama συλλογίζεσθαι.

4. Los efectos y los fenómenos son facultades o potencias de los cuerpos por los cuales distinguimos los unos de los otros, es decir, concebimos que uno es igual o diverso a otro, semejante o diferente; como sucede en el ejemplo anterior cuando se ha acercado uno suficientemente a algún cuerpo: al percibir su movimiento y su andar, lo distinguimos de un árbol, de una columna y de otros cuerpos fijos, de donde se deduce que aquel andar es una *propiedad* suya, es decir, propia de animales, por lo cual se distingue de los demás cuerpos.

5. Y cómo se pueda adquirir el conocimiento del efecto a partir del conocimiento de su generación, se comprenderá fácilmente con el ejemplo del círculo. Así, dada una figura plana parecida a la forma de un círculo, con los sentidos no se puede conocer de ninguna manera si se trata de un círculo o no; pero una vez conocida la generación de la figura propuesta, resulta muy fácil. Porque si esa figura se ha hecho por el giro de algún cuerpo del cual un extremo ha permanecido fijo, razonaremos así: que el cuerpo que gira se aplica siempre con la misma longitud,primero a un radio, después a otro y a un tercero y a un cuarto y sucesivamente a todos, y de esta manera desde un mismo punto la circunferencia guarda siempre la misma distancia en todas sus partes, es decir, que todos los radios son iguales. Por lo tanto se conoce que de tal generación se origina una figura de cuyo punto medio se llega a todos los extremos con radios iguales.

Igualmente, de una figura conocida llegaremos razonando a alguna generación, y aunque tal vez no sea lo que realmente fue, sí una que pudo ser; porque conocida la propiedad del círculo que acabamos de decir, resulta fácil saber que si a un cuerpo se le hace girar como hemos dicho, se genera un círculo.

6. El fin o el objeto de la Filosofía es que podamos utilizar efectos previstos para nuestra conveniencia, o que una vez conocidos esos efectos por la mente por aplicación de unos cuerpos a otros, se produzcan efectos similares en la medida en que la fuerza humana y la materia de las cosas lo permitan, mediante el trabajo de los hombres, para los usos de la vida humana.

Porque considero que no vale la pena dedicar tanto esfuerzo a la Filosofía como el que hay que dedicar, para que alguien disfrute consigo mismo en silencio de superar la dificultad de cosas oscuras o de descubrir verdades muy escondidas, ni tampoco creo que alguien haya de dedicarse con empeño para que otro sepa que él sabe, si piensa que con ello no va a conseguir otra cosa. La ciencia se ordena al poder; el teorema (que entre los geómetras es la investigación de una propiedad) se ordena a resolver problemas, es decir, al arte de construir; y finalmente toda especulación se emprende en orden a alguna acción u obra.

7. Comprenderemos bien cuán grande sea la utilidad de la Filosofía en primer lugar para la Física y la Geometría, si enumeramos las principales ventajas que ahora existen para el género humano y comparamos los modos de vida de los que de ellas disfrutan con los de aquéllos que carecen de ellas. Porque las mayores ventajas del género humano son las Artes: de medir tanto los cuerpos como sus movimientos, de mover pesos enormes, de edificar, de navegar, de fabricar he-

rramientas para cualquier uso, de calcular los movimientos celestes, el aspecto de los astros y las partes del tiempo; con ayuda de lo cual se comprende más fácilmente que se dice cuántos bienes han adquirido los hombres. De ellos disfrutan casi todas las gentes de Europa, muchas de Asia y algunas de África; las de América en cambio, y las que viven cerca de los polos, carecen en absoluto de ellos. ¿Y esto por qué? ¿Acaso aquéllas son más ingeniosas que éstas? ¿O no tienen todos los hombres almas del mismo género e iguales facultades del alma? Pues ¿qué tienen unos que otros no tengan, a no ser la Filosofía? Por lo tanto la causa de todas esas utilidades es la Filosofía. Ahora bien, la utilidad de la Filosofía moral y civil no se ha de estimar tanto por las ventajas que surgen de su conocimiento como por las calamidades que acarrea su ignorancia. Ya que todas las calamidades que pueden evitarse con la habilidad humana provienen de la guerra, sobre todo de la guerra civil; de ésta nacen las matanzas, la soledad y la escasez de todo. Y la causa no es que los hombres las quieran, porque no existe voluntad más que del bien, al menos aparente, ni porque desconozcan que son malas; ¿quién no siente que las matanzas y la pobreza son malas para él? Por lo tanto la causa de la guerra civil es que se desconocen las causas de la guerra y la paz, y que hay muy pocos que hayan aprendido los deberes con los que la paz se afirma y se conserva, esto es, la verdadera regla de vivir. Y el conocimiento de esta regla es la Filosofía moral. ¿Y por qué no la han aprendido sino porque hasta ahora nadie ha enseñado un método claro y recto? ¿Qué sucede? ¿Acaso los antiguos doctores griegos, egipcios, romanos y otros pudieron inculcar a una muchedumbre de gente inculta innumerables dogmas acerca de la naturaleza de sus dioses, que ellos mismos ignoraban si eran verdaderos o no, y otros que eran manifiestamente falsos y absurdos, y en cambio no pudieron inculcar a esa misma muchedumbre sus deberes si ellos los hubieran conocido? ¿O tendrán valor los pocos escritos que nos han quedado de los geómetras para eliminar toda controversia de los asuntos que tratan, y en cambio no valdrán los innumerables e ingentes volúmenes de los éticos si contienen algo cierto y demostrado? Entonces ¿qué causa puede encontrarse por la que los escritos de los primeros sean científicos y los de éstos sean sólo palabrería, por así decirlo, sino porque aquéllos salieron de hombres sabios y éstos de hombres ignorantes de la doctrina que trataban, que buscaban hacer ostentación de su elocuencia o de su ingenio? No voy a negar sin embargo que la lectura de algunos de tales libros sea muy amena, ya que son muy elocuentes y contienen muchas sentencias hermosas y saludables y en absoluto vulgares, pero que, enunciadas por ellos en forma universal, no siempre son verdaderas universalmente; de donde se sigue que con el cambio del tiempo, del lugar y de las circunstancias de las personas, con demasiada frecuencia se utilizaban más para con-

firmar planes criminales que para aprender las reglas de los deberes. Y lo que más se echa de menos en ellas es una regla cierta de las acciones por la que se pueda saber si es justo o injusto lo que vamos a hacer. Porque el que en todo *manden hacer lo que es recto* resulta inútil antes de que se establezca una regla y una medida cierta de lo que es recto. Y ya que a la ignorancia de los deberes, es decir, de la ciencia moral, le siguen las guerras civiles y de ahí las mayores calamidades, a su conocimiento atribuiremos con razón las ventajas contrarias a ellas. Veremos así cuán grande sea la utilidad de toda la Filosofía (por no hablar de la estimación y de otras satisfacciones que de ella nacen).

8. El contenido de la Filosofía, o la materia de la que trata, es todo cuerpo del que se pueda concebir una generación y del que se pueda establecer alguna comparación desde algún punto de vista. O bien de aquéllos en los que tiene lugar alguna composición o resolución; es decir, todo cuerpo que pueda generarse o tener alguna propiedad.

Y esto se deduce de la misma definición de Filosofía, cuya función es investigar o bien las propiedades a partir de la generación o bien la generación a partir de las propiedades; ya que allí donde no se dé generación alguna o alguna propiedad, no se da Filosofía alguna. En consecuencia la Filosofía excluye la Teología, o doctrina de la naturaleza y atributos de Dios, eterno, inengendrable, incomprensible, en el que no cabe ninguna composición, ninguna división y ninguna generación.

Excluye la doctrina de los ángeles y de todas aquellas cosas que no se consideran cuerpos ni afecciones de cuerpos, porque en ellas no hay lugar para la composición ni para la división, así como aquéllas en las que no hay lugar para más o menos, es decir, para el razonamiento.

Excluye la Historia, tanto natural como política, por muy útiles que sean para la Filosofía (más aún, necesarias), porque tal conocimiento es experiencia o autoridad pero no razonamiento.

Excluye toda ciencia que surja de la divina inspiración o revelación, es decir, lo que no se adquiera por la razón sino que viene dado como un don por la gracia divina y en un acto instantáneo (como una especie de sentido sobrenatural).

Excluye toda doctrina no sólo falsa sino no bien fundada, porque lo que se conoce mediante un recto razonamiento no puede ser falso ni dudoso. Por eso se excluye la astrología tal como hoy se conoce, y las demás adivinaciones más

que ciencias, de ese género. Y finalmente queda excluida de la Filosofía la doctrina acerca del culto de Dios que se ha de conocer no por la razón natural sino por la autoridad de la Iglesia, y no pertenece a la ciencia sino a la fe.

9. Las partes principales de la Filosofía son dos, porque dos son los géneros supremos de los cuerpos y totalmente distintos entre sí, que se ofrecen a los que investigan las generaciones de los cuerpos y sus propiedades. Uno llamado *natural*, fruto de la naturaleza de las cosas, y otro llamado *estado*, constituido por la voluntad humana con acuerdos y pactos entre los hombres. Por eso de aquí surgen en primer lugar dos partes de la Filosofía: la *natural* y la *civil*. Además, ya que para conocer las propiedades del estado es necesario conocer antes los ingenios, afecciones y costumbres de los hombres, la Filosofía civil se suele dividir a su vez en dos partes, de las cuales una, la *ética* trata del carácter y de las costumbres de los hombres, y otra, llamada simplemente *política* o *civil*, que entiende de los deberes de los ciudadanos. Hablaremos pues (una vez que establezcamos lo que pertenece a la propia naturaleza de la Filosofía), en primer lugar de los *cuerpos naturales*, en segundo del *carácter y las costumbres del hombre*, y en tercer lugar de los *deberes de los ciudadanos*.

10. Por último, al haber tal vez algunos a los que no guste la definición de Filosofía dada más arriba y que piensen que si se concede una libertad arbitraria para definir, se podría concluir cualquier cosa de cualquier cosa (aunque creo que se podría mostrar sin dificultad que esa definición está de acuerdo con el sentir de todos los hombres), sin embargo, para que ni ellos ni yo tengamos motivo de discusión, confieso que aquí voy a tratar de los elementos de una ciencia que investiga los efectos a partir del conocimiento de su generación, para que los que buscan una Filosofía diferente puedan ser aconsejados de buscarla en otro lugar.

Capítulo V
EL ERROR, LA FALSEDAD Y LAS FALACIAS

1. Cómo difieren el error y la falsedad. Cómo se da el error de la mente al margen del uso de los términos. 2. Siete modos de incoherencia de los nombres en los que la proposición es siempre falsa. 3. Ejemplo del primero. 4. Del segundo. 5. Del tercero. 6. Del cuarto. 7. Del quinto. 8. Del sexto. 9. Del séptimo. 10. La falsedad de las proposiciones se detecta por la resolución de los nombres a través de definiciones continuas hasta llegar a nombres simples o géneros supremos. 11. El vicio del silogismo derivado de la implicación de los términos con la cópula. 12. El vicio del silogismo por equivocación. 13. Las falacias sofísticas pecan más a menudo contra la materia que contra la forma del silogismo.

1. El errar se da no sólo en el afirmar o negar sino también en el sentir y en el pensamiento silencioso de los hombres. Se da en el afirmar y el negar cuando se atribuye a alguna cosa un nombre que no es el suyo. Como si al ver una imagen del sol, ya sea por reflejo en un río, ya directamente en el cielo, atribuyendo a ambas el nombre de sol, dijésemos que había dos soles; cosa que sólo puede suceder a los hombres, porque los demás animales no tienen el uso de los nombres. El nombre de falsedad sólo se aplica a esta clase de error cuando se origina no por los sentidos ni por la cosa misma sino por la temeridad en formularla. Porque los nombres se han establecido no por las especies de las cosas sino por voluntad de los hombres; por lo cual sucede que el que se aparta de las denominaciones convenidas de las cosas no se engaña por las cosas o por los sentidos (porque aquella cosa que ve, no ve que se llame sol, sino que así lo quiso), sino que pronuncia una sentencia falsa por negligencia suya. Se yerra por los sentidos y por el pensamiento cuando de una imaginación presente imaginamos otra distinta; o cuando fingimos como pasadas o como futuras, cosas pasadas que no han pasado o futuras que no serán. Como cuando de la vista de la imagen del sol en el río imaginamos que la cosa de que es imagen está en ese lugar, o cuando al ver unas espadas imaginamos que ha habido o que va a haber una batalla porque las

más de las veces así suele acontecer, o imaginamos en vano a partir de unas promesas la mente del que promete o, finalmente, imaginamos por cualquier signo la cosa significada. Errores de este género son comunes a todas las cosas sensibles, y de esta forma no nos engañamos por los sentidos ni por las cosas percibidas sino por nosotros mismos que imaginamos lo que no es y presumimos que son algo más que imágenes cosas que son sólo imágenes. Pero no se puede llamar falsas a las cosas ni a las imaginaciones cuando son verdaderamente lo que son y no prometen, como signos, nada que no dan; ya que no son ellas las que prometen sino nosotros por ellas, ni las nubes prometen lluvia sino nosotros al ver las nubes. Por eso se saldrá al paso de los errores que suceden por signos naturales si, en primer lugar y antes de razonar, nos enfrentamos a tales conjeturas como ignorantes, y después razonamos. Ya que provienen de un defecto de razonamiento. Otros errores que consisten en afirmaciones y negaciones (es decir, la falsedad de las proposiciones) son vicio de un razonamiento desordenado. De éstos, como contrarios a la Filosofía, habrá que tratar especialmente.

2. Los errores que acaecen al razonar, esto es, al formar silogismos, consisten o en la falsedad de alguna premisa o en la inferencia. En el primer caso se dice que el silogismo peca en la materia; en el segundo, en la forma. Consideraremos primero la materia, a saber, de cuántas maneras puede una proposición ser falsa, y después la forma, y de cuántas maneras sucede que la inferencia no es verdadera siendo verdaderas las premisas.

Ya que, por lo dicho en el cap. 3, art. 7, es verdadera toda proposición en la que se unen dos nombres de una misma cosa, y falsa aquélla en la que se unen nombres de cosas diversas, una proposición será falsa de tantas maneras como sucede que los nombres unidos no lo son de la misma cosa.

Los géneros de las cosas nombradas son cuatro, a saber, *cuerpos*, *accidentes*, *fantasmas* y los propios *nombres*. Así, en toda proposición verdadera es necesario que los nombres unidos sean, o ambos de *cuerpos* o ambos de *accidentes* o ambos de *fantasmas* o ambos de *nombres*. Los nombres unidos de otra forma son incoherentes y constituyen una proposición falsa. Puede también suceder que el nombre de la cosa se una con un nombre de oración. Por lo tanto hay siete modos en los que los nombres unidos no son coherentes:

1. Si el nombre del cuerpo se une con el nombre del accidente
2. Si el nombre del cuerpo « con el nombre del fantasma
3. Si el nombre del cuerpo « con el nombre del nombre

4. Si el nombre del accidente « con el nombre del fantasma
5. Si el nombre del accidente « con el nombre del nombre
6. Si el nombre del fantasma « con el nombre del nombre
7. Si el nombre de la cosa « con el nombre de la oración.

Daremos ejemplos de todos ellos.

3. Según el primer modo, son falsas las proposiciones en las que nombres abstractos se unen con concretos, como *esse est ens*, *essentia est ens*, *quidditas est ens*, y muchas otras expresiones semejantes que se encuentran en la Metafísica de Aristóteles. Igualmente *el entendimiento actúa*, *el entendimiento entiende*, *la vista ve*, *el cuerpo es magnitud*, *el cuerpo es cantidad*, *el cuerpo es extensión*, *ser hombre es un hombre*, *la blancura es blanca*; que es como si alguien dijera *el corredor es la carrera* o *el paseo pasea*, así como *la esencia está separada*, *la substancia está abstraída*, y otras semejantes o derivadas de ellas (de las que la Filosofía común está muy llena). Porque al no ser accidente ningún sujeto de accidente, es decir, ningún cuerpo, no se puede atribuir nombre de accidente al cuerpo ni de cuerpo al accidente.

4. Pecan según el segundo modo proposiciones como éstas: *el espectro es cuerpo*, o *espíritu*, esto es, *cuerpo tenue*. *Las especies sensibles revolotean por el aire*, o *se mueven* acá y allá, lo cual es propio de los cuerpos. Igualmente *la sombra se mueve*, o es cuerpo. *La luz se mueve*, o es cuerpo. *El color es el objeto de la visión*, *el sonido de la audición*, *el espacio o lugar es extenso*, y otras innumerables como ellas. Y dado que los espectros, las especies visibles, los sonidos, la sombra, la luz, el color, el espacio, etc., se hacen presentes a los que sueñan no menos que a los que están despiertos, no son cosas extensas sino fantasmas de la mente que los imagina; por lo tanto sus nombres no se pueden unir con nombres de cuerpos para formar una proposición verdadera.

5. Proposiciones falsas del tercer modo son algunas como *el género es un ente, el universal es un ente, el ente se predica del ente*. De igual manera *el número es infinito* es falsa porque ningún número es infinito sino sólo este nombre o término: *número*, al cual, como en la mente no corresponde ningún número concreto, se llama nombre indefinido; y ningún número es infinito.

6. Al cuarto modo pertenecen proposiciones falsas tales como *el tamaño o la figura del objeto, tal como es, aparece a los espectadores*; *el color, la luz, el sonido, están en el objeto*, y otras semejantes. Porque un mismo objeto aparece a veces mayor, a veces

menor, a veces cuadrado, a veces redondo, según las diversas distancias y medios; pero la figura y el tamaño de la cosa vista es siempre una y la misma, de tal forma que las magnitudes y las figuras que aparecen no pueden ser magnitudes ni figuras de los mismos objetos. Son por lo tanto fantasmas, y de esta forma en las proposiciones de ese género se unen nombres de accidentes con nombres de fantasmas.

7. Pecan del quinto modo los que dicen que *la definición es la esencia de la cosa*, que *la blancura u otro accidente es género o universal*, porque la definición no es la esencia de la cosa sino una oración que significa nuestros conceptos acerca de la esencia de la cosa. E igualmente lo que es género y universal no es la blancura misma sino el término *blancura*.

8. Se equivocan del sexto modo los que dicen que *la idea de alguna cosa es universal*, como si en la mente hubiera cierta imagen del hombre que no fuese de ningún hombre individual sino del hombre simplemente, lo cual es imposible porque toda idea es una y de una sola cosa; por lo tanto se engañan al poner el nombre de la cosa en el lugar de su idea.

9. Se equivocan del séptimo modo los que han dicho al distinguir los entes: de los entes, uno es *ens per se* y otro *ens per accidens*; es decir, porque *Sócrates es hombre* es una proposición necesaria, y *Sócrates es músico* una contingente, de ahí concluyen que hay entes necesarios o *per se* y otros contingentes o *per accidens*. Y así, al ser *necesario*, *contingente*, *per se*, *per accidens*, nombres no de las cosas, sino de las proposiciones, al decir que un ente es *ens per se* junta el nombre de la proposición con el de la cosa. Cometen el mismo error los que ponen unas ideas en la inteligencia y otras en la fantasía, como si una fuese la idea o la imagen del hombre que, originada por los sentidos, se retiene en la memoria, y otra la que está en la inteligencia cuando comprendemos que *el hombre es animal*. El engaño está en creer que una idea responde al *nombre* de la cosa y otra a la *proposición*, lo cual es falso; porque la proposición significa únicamente el orden de las cosas que se observan en la misma idea de hombre unas tras otras, de tal forma que para esta oración *el hombre es animal* tenemos una única idea aunque en ella se considere aquello por lo que se llama hombre y después aquello por lo que se llama animal. La falsedad de todas estas proposiciones, según los diversos modos, se ha de detectar por las definiciones de los nombres que van unidos.

10. Pero cuando se juntan nombres de cuerpos con nombres de cuerpos, nombres de accidentes con nombres de accidentes y nombres de fantasmas con

nombres de fantasmas, no por ello sabemos de inmediato si esas proposiciones son verdaderas, sino que conviene antes conocer la definición de cada nombre y después las definiciones de los nombres que se ponen en esa definición, hasta que por una resolución continuada se llegue al nombre más simple, esto es, al más alto o más universal en ese género de cosas, y si ni entonces aparece la verdad o falsedad, entonces es una cuestión de Filosofía que se ha de investigar razonando a partir de las definiciones. Porque toda proposición universal verdadera es una definición o parte de una definición o se ha de demostrar mediante definiciones.

11. El vicio del silogismo que puede estar oculto en la forma se descubrirá siempre en la implicación de la cópula con uno de los términos o en alguna equivocación de palabras; de ambos modos resultarán cuatro términos, lo cual está demostrado que no puede darse en un silogismo legítimo. La implicación de la cópula con uno de los términos se detecta enseguida con la reducción de las proposiciones a la pura y simple predicación, como si alguien argumenta:

La mano toca la pluma,
la pluma toca el papel, luego
la mano toca el papel.

La invalidez se manifiesta enseguida por la reducción, porque si se formula así:

La mano es tocadora de la pluma,
la pluma es tocadora del papel, luego
la mano es tocadora del papel,

donde hay claramente cuatro términos: *mano*, *tocadora de la pluma*, *pluma* y *tocadora del papel*.

Pero no parece que en esta clase de sofisma se encuentre tanto peligro como para que valga la pena continuar.

12. En los términos equívocos puede darse alguna falacia, pero no en los que lo son manifiestamente, ni en las metáforas, ya que la palabra *metáfora* expresa la traslación del nombre de una cosas a otras. Sin embargo hay términos equívocos, y no precisamente los más oscuros, que engañan a veces, como en esta argumentación: *pertenece a la Filosofía primera el tratado de los principios*, ahora bien *el primero de todos los principios es que lo mismo no puede a la vez ser y no ser*, luego *pertenece a la Filosofía primera tratar de si lo mismo puede a la vez ser y no ser*. La equivocación en el nombre *principio* es falaz porque al comienzo de la Metafísi-

ca, donde se dice que el tratado de los principios pertenece a la ciencia primera, Aristóteles entiende por *principios* las *causas* de las cosas y ciertos entes a los que llama primeros. Pero allí donde dijo que la proposición primera era un principio, entendía principio y causa del conocimiento, es decir, la comprensión de las palabras, de la cual si alguien carece ni siquiera es capaz de ser enseñado.

13. Las falacias de los sofistas y de los escépticos con las que en otro tiempo acostumbraron a burlarse y a atacar la verdad, con frecuencia estaban viciadas no en la forma sino en la materia del silogismo. Y más veces fueron engañados que engañaron, porque aquel célebre argumento de *Zenón* contra el movimiento se apoyaba en esta proposición: *lo que puede dividirse en un número infinito de partes, es infinito;* que él sin duda consideraba verdadera y que sin embargo es falsa. Porque poder dividirse en infinitas partes no es otra cosa que dividirse en tantas partes como uno quiera. Pero no es necesario que de una línea, aunque pudiera dividirla y subdividirla cuantas veces quisiera, se diga por ello que tiene infinitas partes o que es infinita, ya que fueran cuantas fueran las partes que hiciese, siempre su número sería finito. Pero ya que el que dice *partes* simplemente, no añadiendo cuántas, no limita el número sino que lo deja a la determinación del oyente, por eso suele decirse que una línea se puede dividir infinitamente, lo cual no puede ser verdad en ningún otro sentido. Y baste con esto acerca del silogismo, que es como la entrada en la Filosofía, porque hemos dicho únicamente lo que es necesario para conocer de dónde toma su fuerza toda argumentación legítima, y acumular todo lo que podría decirse sería tan superfluo como si alguien, como ya he dicho, quisiera dar preceptos para andar a un niño pequeño. Porque el arte de razonar no se adquiere con preceptos sino con el uso y con la lectura de libros en los que todo se trata con rigurosas demostraciones. Paso pues al camino de la Filosofía, es decir, al método de filosofar.

Parte Segunda
FILOSOFÍA PRIMERA

CAPÍTULO IX
LA CAUSA Y EL EFECTO

1. Hacer y padecer. 2. Acción y pasión mediata e inmediata. 3. Causa simplemente, causa *sine qua non* o lo necesario por hipótesis. 4. Causa eficiente y material. 5. La causa íntegra es siempre suficiente para producir el efecto. El efecto se produce en el mismo instante en que se da la causa íntegra, y todo efecto tiene una causa necesaria. 6. La generación de efectos es continua. El principio de causación. 7. No se da causa del movimiento más que en un cuerpo contiguo y movido. 8. Los mismos agentes y pacientes, en diversos tiempos pero con igual disposición, producen efectos semejantes. 9. Todo cambio es movimiento. 10. Los seres contingentes.

1. Se dice que un cuerpo actúa sobre otro si en éste genera o destruye algún accidente. Y se dice que padece de otro cuerpo si por éste se genera o se destruye en él algún accidente; de esta forma el cuerpo que empujando a otro produce en él un movimiento se llama *agente*, y aquél en el que, siendo empujado, se genera el movimiento, *paciente*. Como el fuego que calienta la mano se llama *agente* y la mano calentada *paciente*. El accidente que se genera en el paciente se llama *efecto*.

2. Cuando el agente y el paciente son contiguos entre sí, se dice que la *acción* y la *pasión* son *inmediatas*; si no, son *mediatas*. El cuerpo que se encuentra en medio del agente y del paciente, contiguo a ambos, es a la vez agente y paciente; agente respecto al siguiente, sobre el que actúa, y paciente respecto al anterior, del que padece. Igualmente, si varios cuerpos se ordenan de forma que cada uno sea contiguo a los dos más próximos, todos los que se encuentran en medio, entre el primero y el último, son a la vez *agentes* y *pacientes*; el primero es sólo *agente*. y el último sólo *paciente*.

3. Se entiende que un agente produce su efecto en el paciente según un cierto modo, un cierto o ciertos accidentes de los que tanto él como el paciente es-

tán dotados, es decir, no por ser cuerpos sino por estar movidos de tal o cual forma; porque de otro modo todos los agentes producirían en todos los pacientes efectos semejantes, al ser todos igualmente cuerpos. Así por ejemplo, el fuego no calienta por ser cuerpo sino por ser cálido, ni un cuerpo empuja a otro por ser cuerpo sino porque se mueve a su lugar. Por lo tanto, la causa de todos los efectos consiste en ciertos accidentes de los agentes y del paciente. Si todos esos accidentes están presentes, se produce el efecto, y si falta alguno de ellos, no se produce. Y el accidente, tanto del agente como del paciente, *sin el cual* el efecto *no puede producirse*, se llama *causa sine qua non*, *necesario por hipótesis* y *requisito* para producir el efecto. La *causa* simplemente, o *causa íntegra*, es *el agregado de todos los accidentes tanto de los agentes, cuantos sean, como del paciente, supuestos los cuales no puede conmprenderse ni que el efecto no se produzca ni que, si falta alguno de ellos, el efecto se produzca.*

4. Al conjunto de accidentes, tanto del agente o de los agentes como del paciente, requeridos para que se produzca el efecto, se llama, una vez producido, *causa eficiente*. Y al conjunto de los que se encuentran en el paciente se llama, una vez producido el efecto, *causa material*. Digo una vez producido el efecto porque donde no se produce tampoco se da causa, ya que no se puede hablar de causa donde no se puede hablar de efecto. Las causas eficiente y material son parciales o partes de la causa que hace poco llamábamos *íntegra*. De lo cual se deduce claramente que el efecto que esperamos cuando los agentes son idóneos, se puede no obstante frustrar por falta de agentes idóneos siendo idóneo el paciente.

5. La causa íntegra es siempre suficiente para producir su efecto, siempre que ese efecto sea en absoluto posible, porque cualquier efecto que se proponga para ser producido, si se produce, pone de manifiesto que la causa que lo ha producido era suficiente, y si no se produce siendo posible, es claro que algo faltó en algún agente o en el paciente, sin lo cual no pudo producirse, es decir, que faltó algún accidente que era requerido para su producción. Por lo tanto esa *causa* no era *íntegra*, contra lo que se suponía.

De lo cual se sigue también que, en el momento en que la causa se hace *íntegra*, en ese mismo momento el efecto se produce; porque si no se produjese faltaría todavía algo requerido para la producción y no era una causa íntegra como se suponía.

Al definir como causa necesaria la que, una vez supuesta, el efecto no puede no seguirse, se concluirá también que, cualquier efecto que se produzca, lo será

por una causa necesaria. Porque lo producido, por el mero hecho de serlo, ha tenido una causa íntegra, es decir, todo aquello con lo que, una vez supuesto, no puede entenderse que el efecto no se siga; y esa causa es necesaria. Y por la misma razón se puede poner de manifiesto que cualesquiera que sean los efectos que se hayan de producir en el futuro, tendrán una causa necesaria y que de este modo todo lo que haya sido producido o haya de serlo, tendrá su necesidad en cosas antecedentes.

6. Del hecho de que en el mismo instante en que la causa se hace íntegra se produzca el efecto, se sigue con claridad que la causación y producción de efectos consiste en cierta progresión de tal forma que a una mutación del agente o de los agentes que se produce porque otros actúan sobre ellos, corresponde otra mutación continua en el paciente sobre el que actúan; por ejemplo, al hacerse más y más caliente el fuego, en un aumento continuo, también su efecto en los cuerpos próximos y después en los próximos a éstos crece igualmente cada vez más (lo cual sirve de gran argumento de que el cambio consiste únicamente en movimiento, cosa que más adelante se ha de mostrar que es verdadero). Pero en esta causación, es decir, en la progresión de la acción y de la pasión, si alguien capta con la imaginación una parte y la divide en más partes, la primera o su principio no puede considerarse más que como acción o causa; porque si se considera también como efecto o pasión, es necesario que antes de ella se considere alguna otra causa como acción y causa suya, lo cual no puede ser porque antes del principio no hay nada. Y de igual modo la parte última se ha de considerar únicamente como efecto, ya que la causa se dice sólo respecto a lo siguiente, y después de lo último no sigue nada. De lo cual se deriva que en una acción el *principio* y la *causa* se tengan por lo mismo. Y de las partes intermedias cada una es acción y pasión, causa y efecto, según se compare con la parte precedente o con la siguiente.

7. No puede hallarse causa alguna del movimiento más que en un cuerpo contiguo y en movimiento. Porque si se dan dos cuerpos cualesquiera no contiguos entre los que exista o bien un espacio intermedio vacío o bien lleno pero con un cuerpo en reposo, y se supone que de los dos cuerpos propuestos uno está en reposo, éste siempre estará en reposo. Ya que si se mueve, la causa de su movimiento (por el art. 19 del cap. 8) estará en un cuerpo exterior y por lo tanto, si entre él y ese exterior hay un espacio vacío, podemos concebir que, de cualquier manera que se comporten tanto los cuerpos exteriores como el propio paciente (siempre que se le considere ahora en reposo), permanecerá así mientras no lo to-

quen otros; y como la causa (por definición) es un agregado de todos los accidentes, estando presentes los cuales no puede suponerse que el efecto no se dé, y los accidentes que estén en los cuerpos exteriores o en el propio paciente no pueden ser la causa de un futuro movimiento, de igual manera, como se puede concebir que lo que está en reposo continúe de esa forma aunque lo toque otro cuerpo, con tal de que ése no se mueva, la causa del movimiento no podrá estar en un cuerpo contiguo que esté en reposo. Por lo tanto, no hay causa alguna del movimiento en un cuerpo más que un cuerpo contiguo en movimiento.

Por la misma razón se puede probar que todo lo que se mueve lo hará siempre por el mismo camino y a la misma velocidad, a no ser que se vea impedido por otro cuerpo contiguo y movido. y, en consecuencia ningún cuerpo, ni en reposo ni por medio del vacío, puede generar, extinguir o disminuir el movimiento en otro cuerpo. Alguien escribió que lo que está en reposo opone más resistencia a lo que se mueve que lo que se mueve en sentido contrario, por estimar que el reposo es más contrario al movimiento que el movimiento mismo. Y lo dijo engañado por el término, porque los nombres *reposo* y *movimiento* son contradictorios pero, por lo que se refiere a la realidad, lo que lucha con el movimiento es el movimiento contrario; el reposo no lucha.

8. Pero si un cuerpo actúa sobre otro en un momento y después ese mismo cuerpo, en otro momento, actúa sobre el mismo, de tal manera que el agente esté en reposo todo él y cada una de sus partes o (en el caso de que se mueva) se mueva del mismo modo todo él y cada una de sus partes como antes, de tal forma que la diferencia resida sólo en los tiempos, es decir, que una acción sea anterior en el tiempo y la otra posterior, es claro por sí mismo que los efectos serían iguales y semejantes, diferentes únicamente en el tiempo. Y así como los efectos mismos surgen de sus causas, así también su diversidad dependerá de la diversidad de las causas.

9. Admitido todo esto, es necesario que el cambio no sea otra cosa que el movimiento de las partes del cuerpo cambiado. Decimos en primer lugar que nada cambia a no ser lo que se presenta a nuestros sentidos de una forma diferente a aquélla en la que antes se presentaba. Y en segundo lugar, que esas apariencias son ambas efectos producidos en el sentiente; por lo cual, si son diferentes, es necesario por el artículo precedente que alguna parte del agente que antes estaba en reposo se mueva, y de esta forma el cambio consiste en ese movimiento, o que ahora se mueva de manera distinta, y también así el cambio consiste en

un nuevo movimiento, o que quede en reposo lo que antes se movía, lo cual ya hemos demostrado que no puede darse más que por el movimiento, o finalmente que algo de todo esto le suceda al paciente o a alguna de sus partes y así, de cualquier manera, el cambio consistirá en el movimiento de las partes del cuerpo que se percibe o del mismo que percibe o de ambos. Por consiguiente el cambio es *movimiento* (a saber, de las partes del agente o del paciente), que es lo que se trataba de demostrar. Consecuencia de esto es que el reposo no es causa de nada, y que por él no *se realiza* nada en absoluto, dado que no es causa ni de movimiento ni de cambio alguno.

10. Los accidentes, respecto de otros accidentes que los preceden o que son anteriores en el tiempo, pero que no dependen de ellos como de *causas*, se llaman *contingentes*; respecto, digo, de aquellos por los que no son generados, porque respecto de sus causas todos suceden necesariamente, ya que si no sucedieran necesariamente no tendrían causas, cosa que no puede entenderse de las cosas generadas.

Parte Tercera
PROPORCIONES DE LOS MOVIMIENTOS Y LAS MAGNITUDES

Capítulo XVI
EL MOVIMIENTO ACELERADO, EL UNIFORME Y EL MOVIMIENTO POR CONCURSO

1. La velocidad de un móvil, computado durante cualquier tiempo, es el resultado de multiplicar el ímpetu por el tiempo. 2-5. En todo movimiento las longitudes recorridas son entre sí como los productos del ímpetu por el tiempo. 6. Si dos móviles llevados con movimiento uniforme recorren dos longitudes, éstas estarán entre sí en una proporción compuesta por las proporciones de un tiempo al otro y de un ímpetu al otro, tomados directamente. 7. Si dos móviles con movimiento uniforme recorren dos longitudes, los tiempos estarán entre sí en una proporción compuesta por las proporciones de una longitud a la otra y de un tiempo al otro, tomados recíprocamente. 8. Si un móvil es movido de manera uniforme por dos movientes a la vez, que concurren en un ángulo, la línea recorrida será una recta que corta el complemento de ese ángulo hasta dos rectos. 9-19. Si un móvil es desplazado por dos movientes a la vez, uno de los cuales se mueve con movimiento uniforme y el otro con movimiento acelerado, se puede hallar la línea que describe el móvil con tal que la proporción de las longitudes recorridas a los tiempos en que se recorren se pueda explicar con números.

1. La velocidad de cualquier cuerpo movido durante algún tiempo es tanta cuanto es el producto del ímpetu (que tiene en un instante) multiplicado por el tiempo de ese movimiento.

Porque al ser la velocidad (por la definición del cap. 8, art. 5) la potencia por la que el móvil puede recorrer cierta longitud en cierto tiempo, y al ser el ímpetu (por el cap. 15, art. 2, n. 2), la velocidad tomada en un solo punto de tiempo, todos los ímpetus en su conjunto serán lo mismo que la velocidad computada en cada uno de los puntos de tiempo; es decir, que el ímpetu multiplicado por todo el tiempo o que la propia velocidad de todo el movimiento.

Corolario. Si el ímpetu es igual en todas las partes y se toma cualquier recta como medida del tiempo y los ímpetus se aplican de forma ordenada a esa recta, formarán un paralelogramo que repesentará la velocidad de todo el movimiento.

Pero si el ímpetu, comenzando desde el reposo, crece uniformemente, es decir, siempre en la misma proporción a los tiempos consumidos, el total de la velocidad del movimiento vendrá repesentado por un triángulo, uno de cuyos lados es el total del tiempo y el otro el ímpetu máximo adquirido en ese tiempo; o también por un paralelogramo uno de cuyos lados es todo el tiempo de traslación y el otro la mitad del máximo ímpetu; o finalmente por un paralelogramo uno de cuyos lados es la media proporcional entre el ímpetu máximo (o el último adquirido) y la mitad de ese ímpetu máximo, y el otro lado la mitad del ímpetu máximo. Porque estos dos paralelogramos son iguales entre sí y con el triángulo formado por la totalidad del tiempo y del ímpetu creciente, como se ha demostrado en los elementos de Geometría.

2. En todo movimiento uniforme las longitudes recorridas son entre sí como el producto del ímpetu por el tiempo de una de ellas al producto del ímpetu por el tiempo de la otra.

Sea pues (figura 1) AB el tiempo y AC el ímpetu con los que un móvil recorre la longitud DE. Y sea AF una parte cualquiera del tiempo AB, en la cual se supone que se recorre la longitud DG; y trácense las líneas FH y BI, paralelas e iguales a la recta AC. Digo que DE es a DG como el paralelogramo AI, esto es, como el producto del ímpetu AC por el tiempo AB, es a AH, producto del mismo ímpetu AC por el tiempo AF. Porque como la velocidad en el tiempo AB es a la velocidad en el tiempo AF, así es la longitud recorrida en el tiempo AB a la longitud recorrida en el tiempo AF (porque al suponer que el ímpetu es siempre igual,

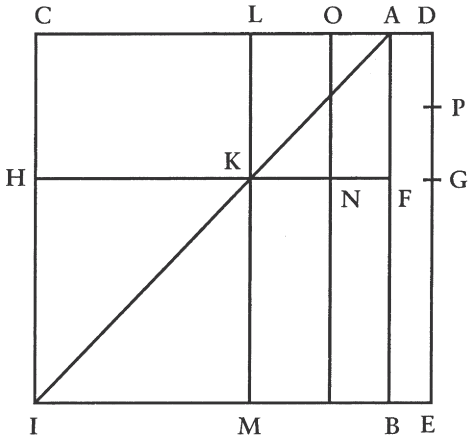

Figura 1

las longitudes recorridas están en proporción a los tiempos). Pero lo mismo que el tiempo AB es al tiempo AF, así es el paralelogramo AI al paralelogramo AH, esto es, como el producto del ímpetu AC por el tiempo AB es al producto del ímpetu AC por el tiempo AF. Ahora bien, en el tiempo AB, con el ímpetu AC, se ha recorrido la longitud DE; luego la longitud recorrida en el tiempo AF con el ímpetu AC será DG, con la cual (por construcción) DE guarda la misma proporción que la del paralelogramo AI al paralelogramo AH, o el producto del ímpetu AC por el tiempo AB al producto del mismo ímpetu AC por el tiempo AF; que es lo que se trataba de demostrar.

Corolario. Dado que, como se ha expuesto, en un movimiento uniforme las longitudes recorridas son como paralelogramos que representan el producto de los ímpetus por los tiempos, esto es, (debido a la igualdad de los ímpetus), como los propios tiempos, así también será, permutando, que como el tiempo es a la longitud, así es el tiempo a la longitud, y de esta forma tienen aquí cabida todas las propiedades de los analogismos y todas las metamorfosis que enumeramos y demostramos en el capítulo décimotercero.

3. En un movimiento uniformemente acelerado (esto es, en el que los ímpetus crecen en proporción a los tiempos), que parte del reposo, la longitud recorrida en un tiempo será también a la longitud recorrida en otro tiempo como el producto del ímpetu por el tiempo al producto del ímpetu por el tiempo.

Sea (en la misma figura 1) el tiempo AB, en cuyo comienzo A, el ímpetu sea como el propio tiempo A, pero que a medida que transcurre el tiempo, crezca el ímpetu de manera uniforme hasta que en último punto del tiempo, B, se haya adquirido cualquier ímpetu, BI. Y de nuevo, sea otro tiempo AF, en cuyo comienzo, A, el ímpetu sea como el propio punto A, pero que a medida que transcurre el tiempo, crezca el ímpetu de manera uniforme hasta que en el último punto F del tiempo AF se haya adquirido el ímpetu FK. Y sea la longitud recorrida en el tiempo AB con un ímpetu creciente, DE. Digo que la longitud DE es a la longitud recorrida en el tiempo AF, como el tiempo AB multiplicado por el ímpetu BI al tiempo AF multiplicado por el ímpetu FK.

Y como el triángulo ABI es la velocidad total del cuerpo movido en el tiempo AB hasta que se adquiere el ímpetu BI, y el triángulo AFK la velocidad total del cuerpo movido en el tiempo AF con ímpetu creciente hasta alcanzar el ímpetu FK, la longitud DE será a la longitud recorrida en el tiempo AF con ímpetu creciente desde el reposo en A hasta alcanzar el ímpetu FK, como el triángulo ABI

al triángulo AFK, esto es, en la proporción del tiempo AB a AF duplicada. Sea pues, que como AB a AF, así DE a DG y, de nuevo, como DE a DG, así DG a DP; entonces la longitud recorrida con ímpetu creciente en el tiempo AB hasta BI, será a la longitud recorrida en el tiempo AF con ímpetu creciente hasta FK, como el triángulo ABI al triángulo AFK. Ahora bien el triángulo ABI es el producto del tiempo AB multiplicado por el ímpetu creciente hasta BI, y el triángulo AFK el producto del tiempo AF multiplicado por el ímpetu creciente hasta FK; por lo cual la longitud DE recorrida en el tiempo AB con ímpetu creciente hasta BI, es a la longitud DP recorrida en el tiempo AF con ímpetu creciente hasta FK, como el producto del tiempo AB por su ímpetu, al producto del tiempo AF por el suyo. Que es lo que se trataba de probar.

Corolario 1. En un movimiento uniformemente acelerado, las longitudes recorridas están en una proporción el doble que la de los tiempos. Porque como es la longitud DE a la longitud DP, así es el triángulo ABI al triángulo AFK; ahora bien, ABI guarda respecto a AFK una proporción el doble que la del tiempo AB al tiempo AF; luego DE guarda también respecto a DP una proporción doble que la de AB al tiempo AF.

Corolario 2. Las longitudes recorridas en tiempos iguales tomados desde el comienzo del movimiento, en un movimiento uniformemente acelerado, son como la diferencia del cuadrado de los números que empiezan desde la unidad, o sea, como 3, 5, 7, etc. Porque si en un primer tiempo se recorre una longitud como 1, en dos tiempos se recorrerá una longitud como 4, que es el cuadrado de 2, en tres una longitud como 9, que es el cuadrado de 3, y así sucesivamente; y las diferencias de esos cuadrados son 3, 5, 7, etc.

Corolario 3. En un movimiento uniformemente acelerado, la longitud recorrida es a la longitud recorrida en ese mismo tiempo pero con un ímpetu uniforme (con la cantidad adquirida en el ultimo tiempo), como un triángulo a un paralelogramo cuyas altura y base sean comunes. Porque al recorrer la longitud BE con una velocidad como el triángulo ABI (en la misma figura 1), es necesario que con una velocidad como el paralelogramo AI se recorra una longitud doble que DE, porque el paralelogramo AI es el doble que el triángulo ABI.

4. En un movimiento que parte del reposo, acelerado de tal forma que los ímpetus crezcan continuamente en una proporción doble que la de los tiempos consumidos, la longitud recorrida en un tiempo será también a la longitud recorrida en otro tiempo como el producto del ímpetu por el tiempo de un movi-

miento, al producto del ímpetu de un movimiento por el tiempo del otro movimiento.

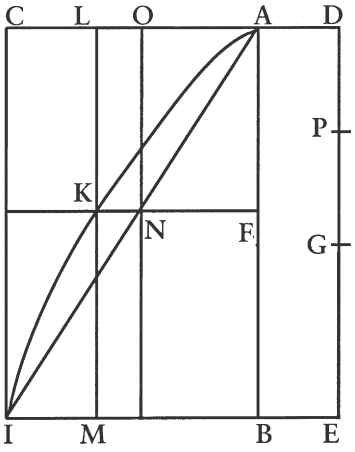

Figura 2

Sea pues (en la figura 2) el tiempo AB en cuyo comienzo del tiempo, A, el ímpetu sea como el propio tiempo A pero que, a medida que avanza el tiempo, el ímpetu crezca de forma continua en una proporción el doble que la de los tiempos, hasta que en el último punto del tiempo, B, se haya adquirido el ímpetu BI; y que en un punto F, situado en cualquier lugar del tiempo AB, se aplique ordenadamente el ímpetu FK adquirido en ese tiempo. Como se supone que FK tiene respecto a BI una proporción el doble que la de AF a AB, AF tendrá respecto a AB una proporción subduplicada de la que tiene FK a BI y AB tendrá respecto a AF una proporción subduplicada de la que tiene BI a FK y, por consiguiente, el punto K estará en una línea parabólica cuyo diámetro es AB y la base BI. Y por la misma razón, si se aplica en cualquier punto del tiempo AB el ímpetu adquirido en ese tiempo, se obtendrá una recta que designa ese ímpetu en la misma línea parabólica AKI. Por lo cual el ímpetu multiplicado por el total del tiempo AB será la parábola AKIB, que es igual al paralelogramo AM, del cual un lado es el tiempo AB, y el otro el ímpetu AL, dos tercios del ímpetu BI. Porque toda parábola es igual a dos tercios del paralelogramo que tiene su misma base y su misma altura. Luego el total de la velocidad a lo largo de AB, como la que realiza el ímpetu AL en el tiempo AB, será el paralelogramo AM. De igual manera, si se toma FN, que es 2/3 del ímpetu FK y se completa el paralelogramo FO, FO será el total de la velocidad durante el tiempo AF, formada por el ímpetu uniforme AO, o FN, multiplicado por el tiempo AF. Tómese ahora la

recta DE como la longitud recorrida en el tiempo AB con la velocidad AM. Supóngase por último que DP es la longitud recorrida en el tiempo AF con la velocidad AN. Digo que DE es a DP como AM a AN o como la parábola AKIB a la parábola AKF. Sea DE a DG como AM a FL, esto es, como AB a AF. Ahora bien, la proporción de AM a AN se compone de las proporciones de AM a FL y de FL a AN. Pero (por construcción) DE es a DG como AM a FL, y la longitud DG a la longitud DP como FL a AN (porque el tiempo es el mismo en ambos lugares, esto es, AF), ya que las longitudes recorridas en el mismo tiempo son entre sí como las velocidades. Por lo cual, y por igualdad, DE es a DP como AM a AN, esto es, como el ímpetu AL multiplicado por su tiempo AB es al ímpetu AO multiplicado por su tiempo AF. Que es lo que se trataba de probar.

Corolario 1. Las longitudes recorridas con un movimiento de tal manera acelerado que los ímpetus crezcan continuamente en una proporción doble que la de los tiempos, estarán en una proporción triple que la de sus tiempos. Porque como es la longitud DE a la DP, así es el paralelogramo AM al paralelogramo AN, y la parábola ABIK a la parábola AKF. Ahora bien, la parábola ABIK tiene respecto a la parábola AKF una proporción el triple que la que tiene el tiempo AB respecto al tiempo AF. Luego también la proporción de DE a DP es el triple de la de AB a AF.

Corolario 2. Las longitudes recorridas en tiempos iguales tomados desde el comienzo, con un movimiento de tal forma acelerado que el ímpetu esté en una proporción el doble que la de los tiempos (o en un movimiento doblemente acelerado), son como las diferencias de los cubos de los números que comienzan desde la unidad, esto es, como 7, 19, 37, etc. Porque si en el primer tiempo se pone una longitud 1, al final del segundo tiempo será una longitud 8, al final del tercero 27, al final del cuarto 64, etc., que son números cúbicos, cuyas diferencias son 7, 19, 17, etc.

Corolario 3. En un movimiento acelerado de tal manera que los ímpetus crezcan en una proporción doble que la de los tiempos, cualquier longitud recorrida será igual a otra longitud recorrida en el mismo tiempo pero con ímpetus que en todas partes sean iguales al último adquirido, como una parábola al paralelogramo que tenga su misma base y su misma altura, es decir, como 2 a 3. Porque la parábola ABIK es un ímpetu creciente multiplicado por el tiempo AB, y el paralelogramo AI es el ímpetu máximo y uniforme multiplicado por el mismo tiempo AB. En consecuencia, las longitudes recorridas serán como una parábola a un paralelogramo, es decir, como 2 a 3.

5. Si quisiéramos tratar de los demás movimientos en los que los ímpetus crecen en una proporción triple, cuádruple, quíntuple, etc., que la de los tiempos, nos encontraríamos con un trabajo infinito e innecesario. Porque con el método con el que hemos computado las longitudes recorridas con un ímpetu creciente simple y doble, con ese mismo método podrá cualquiera computar las longitudes recorridas con un ímpetu creciente el triple, el cuádruple y cuantas veces se quiera.

Pero hallará que allí donde los ímpetus crecen en una proporción triple que la de los tiempos, la velocidad total se designará por el primer parabolastro[1] (del cual se hablará en un capítulo posterior) y que las longitudes recorridas estarán en una proporción cuatro veces la de los tiempos; y que donde los tiempos crecen en una proporción cuatro veces la de los tiempos, la velocidad total se designará por el parabolastro segundo, y las longitudes recorridas estarán en una proporción cinco veces la de los tiempos, y así hasta el infinito.

6. Si dos móviles que se desplazan uniformemente recorren dos longitudes, cada uno con su ímpetu y en su tiempo, las longitudes recorridas estarán en una proporción compuesta de las proporciones de un tiempo a otro y de un ímpetu a otro, tomados directamente (figura 3).

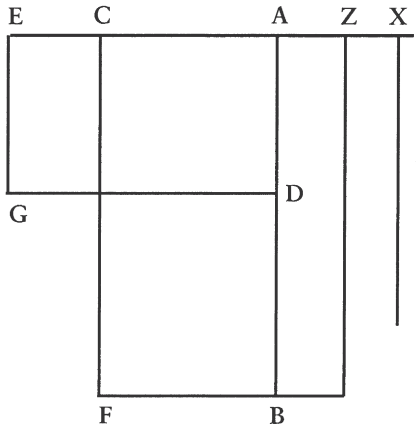

Figura 3

[1] El término *parabolaster*, que coincide en el latín y el inglés de Hobbes, no tiene equivalente en castellano ni en el latín clásico ni en el inglés actual. Se ha optado por castellanizarlo en *parabolastro* siguiendo el uso para esas terminaciones. El capítulo al que alude es el XVII, 4 y 14, y el XVIII, 2, donde habla del parabolastro primero o parábola cúbica. (N. del T.)

Sean pues dos móviles, de los cuales uno se mueve en un tiempo AB con un ímpetu AC, y el otro en un tiempo AD con un ímpetu AE. Digo que las longitudes recorridas estarán entre sí en una proporción compuesta de las proporciones de AB a AD y de AC a AE. Ahora, recorra un móvil en un tiempo AB con un ímpetu AC una longitud cualquiera, Z; y el otro móvil, en un tiempo AD con un ímpetu AE, la longitud X. Y complétense los paralelogramos AF y AG. Como (por el art. 2) Z es a X como el ímpetu AC multiplicado por el tiempo AB es al ímpetu AE multiplicado por el tiempo AD, esto es, como AF a AG, la proporción de Z a X se compondrá de las mismas proporciones que aquéllas de las que se compone la proporción de AF a AG. Ahora bien, la proporción de AF a AG se compone de las proporciones del lado AB al lado AD y del lado AC al lado AE (como consta en los Elementos de Euclides), esto es, de las proporciones del tiempo AB al tiempo AD y del ímpetu AC al ímpetu AE. Luego también la proporción de Z a X se compondrá de las proporciones del tiempo AB al tiempo AD y del ímpetu AC al ímpetu AE. Que es lo que se trataba de demostrar.

Corolario 1. En el movimiento uniforme de dos móviles, si los tiempos y los ímpetus son recíprocamente proporcionales, las longitudes recorridas serán iguales. Porque si (en la misma figura 3) se diese que como AB es a AD, así recíprocamente AE a AC, la proporción de AF a AG se compondría de las proporciones de AB a AD y de AC a AE, es decir, de las proporciones de AB a AD y de AD a AB. Serían por lo tanto AF a AG como AB a AB, es decir, iguales; y en consecuencia el producto en ambos del ímpetu por el tiempo, igual; y por consiguiente Z y X serían iguales.

Corolario 2. Si dos móviles se desplazan en un mismo tiempo con ímpetu diferente, las longitudes recorridas serán como un ímpetu a otro. Porque si en ambos el tiempo es AD y los ímpetus diferentes AE y AC, la proporción de AG a DC estará compuesta de las proporciones de AE a AC y de AD a AD, esto es, de las proporciones de AE a AC y de AC a AC y, en consecuencia, la proporción de AG a DC, esto es, de una longitud recorrida a otra, será como AE a AC, es decir, como un ímpetu a otro. De igual manera, si dos móviles se desplazan uniformemente cada uno de ellos con el mismo ímpetu, pero en tiempos diferentes, la proporción de las longitudes recorridas entre sí será como la de los tiempos. Porque si en ambos el ímpetu es AC y los tiempos diferentes AB y AD, la proporción de AF a DC se compondrá de las proporciones de AB a AD y de AC a AC, es decir, de las proporciones de AB a AD y de AD a AD y, en consecuencia, la proporción de AF a DC, esto es, de una longitud recorrida a otra, será la misma que la de AB a AD, es decir, de un tiempo a otro.

7. Si dos móviles con movimiento uniforme recorren dos longitudes, los tiempos de los recorridos estarán entre sí en una proporción compuesta de las proporciones de una longitud a otra y de un ímpetu a otro, tomados recíprocamente.

Sean pues (en la misma figura 3) dos longitudes dadas Z y X, de las que una sea recorrida con el ímpetu AC y la otra con el ímpetu AE. Digo que los tiempos de los recorridos están en una proporción compuesta de la proporción de Z a X, y de la proporción de AE, ímpetu con el que se recorre X, a AC, ímpetu con el que se recorre Z.

Y como AF es el producto de multiplicar el ímpetu AC por el tiempo AB, el tiempo del recorrido a lo largo de Z será la longitud que resulte de la aplicación del paralelogramo AF a la recta AC, que es la longitud AB. Por lo cual la misma AB es el tiempo del recorrido a lo largo de Z. De igual manera, ya que AG es el producto de multiplicar el ímpetu AE por el tiempo AD, el tiempo del recorrido a lo largo de X será será la longitud que resulte de la aplicación de AG a la recta AD. Ahora bien, esa longitud es AD. Luego AD es el tiempo del recorrido a lo largo de X. Pero AB está respecto a AD en una proporción compuesta de las proporciones del paralelogramo AF al paralelogramo AG, y del ímpetu AE al ímpetu AC. Lo cual se pone de manifiesto del modo siguiente: pónganse en orden los paralelogramos AF, AG y DC; será evidente que la proporción de AF a DC se compone de las proporciones de AF a AG y de AG a DC. Ahora bien, AF es a DC como AB a AD. Luego también la proporción de AB a AD se compone de las proporciones de AF a AG y de AG a DC. Y dado que AF es a AG como Z a X, y que como AG a DC, así es el ímpetu AE al ímpetu AC, la proporción de AB a AD estará compuesta de las proporciones de la longitud Z a la longitud X, y del ímpetu AE al ímpetu AC; que es lo que se trataba de demostrar.

De igual manera se puede probar que en dos desplazamientos uniformes, los ímpetus están en una proporción compuesta de las proporciones de una longitud recorrida a la otra y de un tiempo al otro, tomados recíprocamente.

Y si (en la misma figura 3) suponemos que AC es el tiempo y AB el ímpetu con los que se recorre Z; y AE es el tiempo y AD el ímpetu con los que se recorre X, procederá una demostración como en el artículo precedente.

8. Si un móvil es llevado por dos movientes a la vez (moviéndose ambos con un movimiento recto y uniforme) que coinciden en cualquier ángulo dado, la línea que recora el móvil será recta.

Sea pues (Figura 4) una recta AB que se mueve de manera uniforme y que llega hasta el lugar CD; y sea otra recta AC que se mueve igualmente de manera uniforme, que hace con el moviente AB un ángulo dado cualquiera CAB, y que se supone que llega en el mismo tiempo a DB. Sea también un móvil situado en el punto de encuentro A. Digo que la línea descrita por el móvil es recta. Complétese el paralelogramo ABCD cuya diagonal es la recta AD, y en la recta AB tómese un punto cualquiera, E, desde el cual se trace EF, paralela a las rectas AC y BD y que corte AD en G; y por G trácese HI, paralela a las rectas AB y CD, y sea AC la medida del tiempo. Como ambos movimientos se producen en el mismo tiempo, cuando AB esté en CD, el móvil estará también en CD. E igualmente, cuando AC esté en BD, el móvil estará en BD. Ahora bien, AB llega a CD en el mismo tiempo en que AC llega a BD; luego el móvil estará en el mismo tiempo en CD y BD; luego estará en el punto común D. Y a su vez, ya que el movimiento de AC a BD es uniforme, esto es, que los espacios recorridos son proporcionales a los tiempos en los que se han recorrido, cuando AC esté en EF, la proporción de AB a AE será la misma que la de EF a EG, es decir, que la del tiempo AC al tiempo AH. Por lo tanto, en el tiempo en que AC llega a EF, en ese mismo tiempo AB llegará a HI; luego el móvil estará en el mismo tiempo en EF y en HI y, por consiguiente, en el punto G. Del mismo modo sucederá en cualquier sitio que se ponga el punto E entre A y B. De esta forma, el móvil se encontrará siempre en la diagonal AD. Que es lo que se trataba de demostrar.

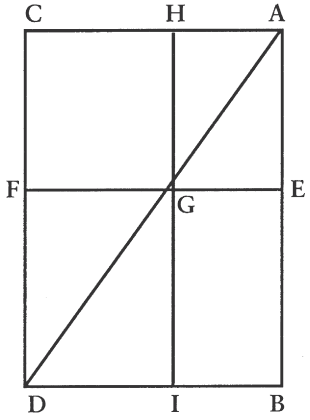

Figura 4

Corolario. Por lo dicho se pone de manifiesto que se recorre la misma recta AD aunque el movimiento no sea uniforme, con tal que ambos movimientos

sean igualmente acelerados; porque la proporción de AB a AE será siempre la misma que la de AC a AH.

9. Si un móvil es desplazado a la vez por dos movientes que coinciden en un determinado ángulo, de los cuales uno se mueve uniformemente y el otro con un movimiento uniformemente acelerado a partir del reposo (esto es, de forma que los ímpetus estén en proporción a los tiempos, es decir, que la proporción de las longitudes sea el doble que la de los tiempos) hasta que adquiera por la aceleración un ímpetu igual al del movimiento uniforme, la línea por la que se desplaza el móvil será una curva de semiparábola cuya base será el ímpetu adquirido.

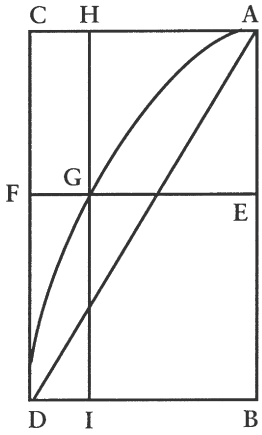

Figura 5

Sea pues (en la figura 5) la recta AB que se supone que se mueve con un movimiento uniforme hasta CD; sea también otra recta moviente, esto es, AC, que se supone que se mueve en el mismo tiempo hasta BD, pero con un movimiento uniformemente acelerado, es decir, de forma que los espacios transcurridos estén siempre en una proporción doble que la de los tiempos, hasta que el ímpetu adquirido sea BD, igual a la recta AC; y sea una semiparábola AD. Digo que por el concurso simultáneo de ambos movientes resultará que el móvil recorrerá la curva semiparabólica AD. Complétese el paralelogramo ABDC, y en la recta AB tómese un punto cualquiera E, desde el cual se trace EF, que corta la curva en G; y por el punto G trácese HI paralela a las rectas AB y CD. Como la proporción de AB a AE, por hipótesis, es el doble que la proporción de EF a EG, esto

es, del tiempo AC al tiempo AH, cuando AC esté en EF, AB estará en HI y, en consecuencia, el móvil estará en el punto común G. Sucederá lo mismo en cualquier lugar en que se sitúe el punto E entre A y B. Y por lo tanto se encontrará siempre en la parabólica AGD; que es lo que se trataba de demostrar.

10. Si un móvil es desplazado a la vez por dos movientes que coinciden en un determinado ángulo, de los cuales uno se mueve uniformemente y el otro, a partir del reposo y hasta que adquiera un ímpetu igual al del movimiento uniforme, se acelera de tal forma que la proporción de las longitudes recorridas sea en todas las partes el triple que la proporción de los tiempos en que se recorren, la línea por la que el móvil se desplaza será la curva del semiparabolastro primero de las dos medias, cuya base es el último tiempo adquirido.

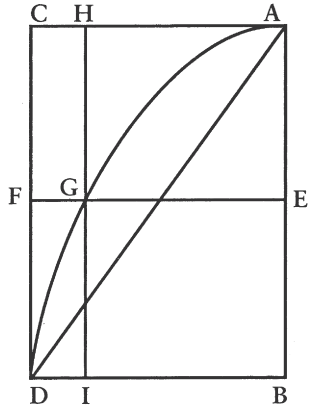

Figura 6

Sea pues (Figura 6) la recta AB que se mueve uniformemente hacia CD; y sea otro moviente AC que en el mismo tiempo se mueve hacia BD con un movimiento de tal forma acelerado que la proporción de las longitudes recorridas sea en todas las partes el triple que la proporción de los tiempos, y sea BD el último ímpetu adquirido igual a la recta AC. Sea también AD la curva del primer parabolastro de dos medias. Digo que por el concurso simultáneo de ambos movientes resultará que el móvil recorrerá esa curva AD. Complétese el paralelogramo ABDC, y en la recta AB tómese un punto cualquiera E, desde el cual se trace EF, que corte a la curva en G; y por el punto G trácese HI, paralela a las rectas AB y CD. Dado que la proporción de AB a AE (por hipótesis) es el triple que la proporción de EF a EG, esto es, que la del tiempo AC al tiempo AH, cuando AC

esté en EF, AB estará en HI; por lo cual el móvil estará en el punto común G. Y lo mismo se demuestra, en cualquier lugar que se ponga el punto E entre A y B. Por consiguiente, el móvil estará siempre en la curva AGD; que es lo que se trataba de demostrar.

11. Por el mismo método se puede demostrar qué línea es la que recorrerá el móvil desplazado por dos movientes cualesquiera por concurso, de los cuales uno se mueve uniformemente, y el otro de forma acelerada pero según proporciones de los espacios y los tiempos explicables mediante números, como son las proporciones de doble, triple, cuádruple, etc., y así sucesivamente; o las que puedan designarse por cualquier fracción de un número. Y la regla es la siguiente: pónganse juntos a la vez los dos números de la longitud y del tiempo, y sea su suma el denominador de una fracción cuyo numerador sea el número de la longitud. Búsquese esta fracción en la tabla del artículo 3 del capítulo 17, y la línea buscada será aquélla que pertenezca al trilíneo adscrito a la columna de la izquierda, y su clase la que figura arriba sobre esa fracción. Por ejemplo, sea el concurso de dos movientes, de los cuales uno se mueve de manera uniforme, y el otro con un movimiento acelerado de tal manera que los espacios estén en relación a los tiempos en una proporción de 5 a 3. Hágase una fracción cuyo denominador sea la suma de 5 y 3, y el numerador 5. Será por lo tanto la fracción 5/8. Váyase a la tabla y allí se encontrará 5/8 en la fila que corresponde al trilíneo de cuatro medias y en la tercera columna. Por lo tanto la línea recorrida por el concurso de los movientes en cuestión será una línea curva del tercer parabolastro de cuatro medias.

12. Si el movimiento se realiza mediante el concurso de un moviente con movimiento uniforme y de otro con un movimiento acelerado de cualquier clase, en ese caso el que se mueve uniformemente moverá al móvil en cada uno de los espacios paralelos menos que si ambos movimientos fueran uniformes, y tanto menos cuanto el movimiento del otro sea más acelerado.

Sea pues (en la figura 7) un móvil situado en A, movido por dos movientes, uno que se mueve de manera uniforme desde la recta AB a la recta CD, paralela a ella, y otro con un movimiento acelerado cualquiera desde la recta AC a la DB, paralelas entre sí; y tómese en el paralelogramo ABCD un espacio entre dos líneas paralelas cualesquiera EF y GH. Digo que mientras el moviente AC recorre la latitud que hay entre EF y GH, el móvil será menos movido desde AB hacia CD que si el movimiento desde AC hacia BD fuera uniforme.

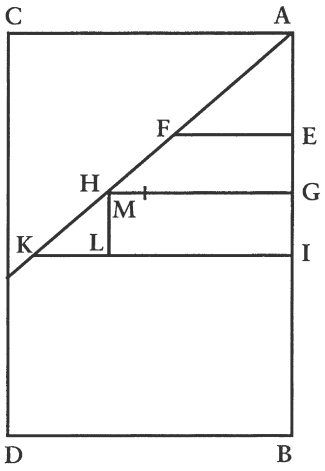

Figura 7

Supongamos que en el tiempo en que el móvil, en virtud del moviente que va desde AC hacia BD, desciende hasta la paralela EF, en ese mismo tiempo el mismo móvil, en virtud del moviente que va desde AB hasta CD llegará a un punto cualquiera F sobre EF. Trácese entonces una recta AF y prolónguese indefinidamente, cortando GH en H. Luego, dado que como AE es a AG, así EF es a GH, si AC bajase hacia BD de manera uniforme, el móvil en el tiempo GH (ya que hacemos que AC y sus paralelas sean la medida del tiempo) se encontraría en el punto H. Pero como se supone que AC se mueve hacia BD con un movimiento siempre acelerado, esto es, en una proporción del espacio al tiempo mayor que la del tiempo al tiempo, el móvil estará, en el tiempo GH, en alguna paralela ulterior, por ejemplo entre GH y BD. Esté pues el móvil al final del tiempo GH en la paralela IK, y tómese en IK la recta IL, igual a la propia GH. En consecuencia el móvil, cuando esté sobre la paralela IK, estará en el punto L. Por lo cual el móvil, cuando estaba en la paralela GH, estaba en algún punto entre G y H, por ejemplo en M, ya que cuando el movimiento era uniforme estaba en el punto H. Y así, mientras el moviente AC recorre la latitud que hay entre EF y GH, el móvil avanzará menos desde AB hacia CD que si ambos movimientos fueran uniformes. Que es lo que se trataba de demostrar.

13. Dada una longitud recorrida en un tiempo dado con un movimiento uniforme, hallar la longitud que se recorrería en ese mismo tiempo con un movimiento uniformemente acelerado, esto es, de forma que las longitudes recorri-

das sean en todas las partes el doble en proporción a los tiempos, y el último ímpetu adquirido sea igual al tiempo.

Sea (en la Figura 8) una longitud AB recorrida con movimiento uniforme en un tiempo AC; se trata de hallar otra longitud que se recorra con un movimiento uniformemente acelerado en el mismo tiempo, de manera que el último ímpetu adquirido sea igual a la recta AC.

Complétese el paralelogramo ABDC y divídase BD en dos partes iguales en E, y entre BE y BD tómese la media proporcional BF. Trazada AF, prolónguese hasta que se encuentre con la prolongación de CD en G, y complétese el paralelogramo ACGH. Digo que AH es la longitud buscada.

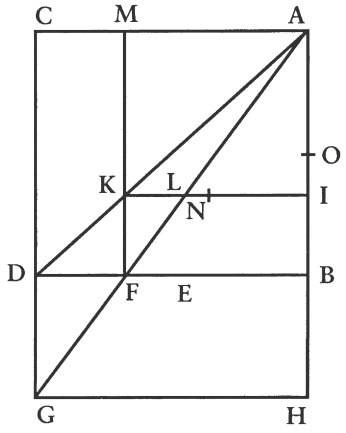

Figura 8

Hágase que una proporción doble sea a una sencilla como AH a otra, AI, y AI será la mitad de AH. Trácese IK, paralela a la recta AC, que corte la diagonal AD en K y la recta AG en L. Como AI es la mitad de AH, también IL será la mitad de BD, es decir, igual a BE, y IK igual a BF. Pero al ser continuamente proporcionales BD, esto es, GH, BF y BE, esto es, IL, lo serán también AH, AB y AI. Ahora bien, como AB es a AI, esto es, como AH es a AB, así es BD a IK, y así también GH, esto es, BD, es a BF; luego BF y IK son iguales. Pero la proporción de AH a AI es el doble que la proporción de AB a AI, esto es, que la proporción de BD a IK o de GH a IK; por lo tanto habrá un punto K en la parábola cuyo diámetro es AH y la base GH, igual a AC. Por lo cual un móvil que proceda desde el reposo hasta A con un movimiento uniformemente acelerado,

en el tiempo AC, una vez recorrida la longitud AH, adquirirá un ímpetu GH igual al tiempo AC, esto es, el ímpetu con el que el móvil recorrerá en el tiempo AC la misma longitud AC. Por lo tanto, dada una longitud, etc., que es lo que nos habíamos propuesto.

14. Dada una longitud recorrida en un tiempo dado con un movimiento uniforme, hallar la longitud que se recorrerá en el mismo tiempo con un movimiento de tal forma acelerado que las longitudes recorridas estén en todas las partes en una proporción triple que la de los tiempos en los que se recorren, y que el ímpetu adquirido en último lugar sea igual al tiempo dado.

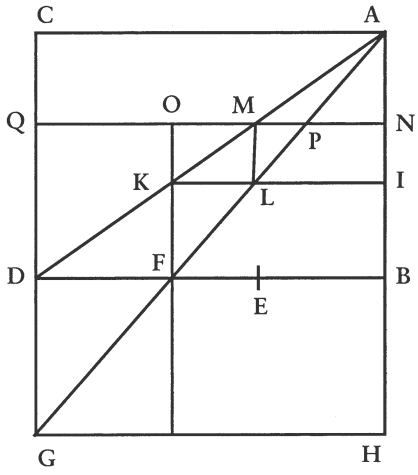

Figura 9

Sea (en la figura 9) la longitud dada AB recorrida con un movimiento uniforme en el tiempo AC. Hay que hallar la longitud que se recorrerá en el mismo tiempo con un movimiento de tal forma acelerado que las longitudes recorridas en todas las partes estén en una proporción triple que la de los tiempos, y el último ímpetu adquirido sea igual al tiempo dado.

Complétese el paralelogramo ABCD y divídase BD en E de forma que BE sea la tercera parte del total BD, y tómese, entre BD y BE, la media proporcional BF. Trazada AF, prolónguese hasta que se encuentre con la recta CD en G, y complétese el paralelogramo ACGH. Digo que AH es la longitud buscada.

Hágase que una proporción triple sea a una sencilla como AH a otra, AI, y sea AI la tercera parte del total de AH. Trácese IK, paralela a la recta AC, que

corta la diagonal AD en K, y la recta AG en L. Hágase finalmente que AB sea a AI como AI a otra, AN. Y desde el punto N trácese NQ paralela a AC, que corte AG, AD y la recta FK prolongada, en P, en M y en O. Por último, trácense FO y LM iguales y paralelas a las rectas BN y IN. En esta construcción, AH, AB, AI y AN, longitudes recorridas, serán continuamente proporcionales. Y de igual manera los tiempos GH, BF, IL y NP serán continuamente proporcionales en la misma proporción en que lo son AH, AB, AI y AN. Por lo tanto la proporción de AH a AN es la misma que la de BD, es decir, NQ, a NP, y la proporción de NQ a NP, una proporción el triple que la de NQ a NO, esto es, una proporción el triple que la de BD a IK; por lo cual la proporción de la longitud AH a la longitud AN es el triple que la proporción de la longitud del tiempo BD al tiempo IK, y en consecuencia la curva del primer trilíneo de las dos mitades cuyo diámetro es AH y cuya base es GH, igual a AC, pasará por el punto O y por tanto recorrerá AH en un tiempo AC, y tendrá un último ímpetu adquirido GH, igual a AC, y la proporción de las longitudes recorridas en cualesquiera de los tiempos será el triple que la proporción de los mismos tiempos. Luego AH será la longitud que había que hallar.

Por el mismo método, si se da una longitud recorrida en cualquier tiempo dado con un movimiento uniforme, se puede hallar la longitud recorrida en ese mismo tiempo con un movimiento acelerado según una proporción de las longitudes a los tiempos cuádruple, quíntuple, y así hasta el infinito. Porque si BD se divide en E de tal forma que BD sea a BE como 4 a 1, y entre BD y BE se toma la media FB y se hace que como es AH a AB así sea AB a la tercera, y de nuevo esa tercera a la cuarta, y la cuarta a la quinta AN, de forma que la proporción de AH a AN sea el cuádruple que la proporción de AH a AB, una vez completado el paralelogramo NBFO, la curva del primer trilíneo de tres medias pasará por O y por lo tanto el móvil adquirirá un ímpetu GH, igual a AC, en el mismo tiempo AC, y así en los demás casos.

15. Además, si la proporción de las longitudes recorridas es a la de los tiempos como la de un número cualquiera a otro número cualquiera, la longitud recorrida con ese movimiento y en ese tiempo se hallará por el mismo método.

Sea pues (en la figura 10) el tiempo AC, en el cual el móvil A llegue con un movimiento uniforme a B. Una vez completado el paralelogramo ABCD, se trata de hallar la longitud que vaya a recorrer el móvil desde A, en un mismo tiempo AC, con un movimiento de tal forma acelerado que las longitudes recorridas estén en todas las partes en una proporción a los tiempos de 3 a 2.

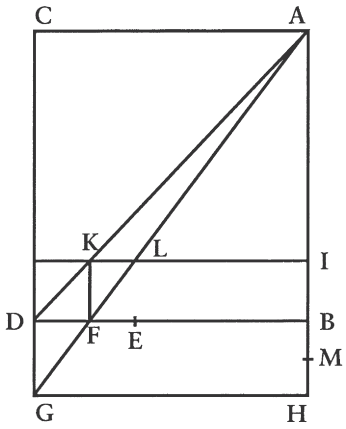

Figura 10

Divídase BD por E de tal manera que BD sea a BE como 3 a 2, y entre BD y BE tómese la media BF. Una vez trazada AF, prolónguese hasta el encuentro con CD en G y, tomada entre AH y AB la media M, hágase que como AM es a AB, así sea AB a AI, y entonces la proporción de AH a AI será respecto a la de AH a AB, de 3 a 2 (porque de las proporciones de las que AH a AM es 1, la de AH a AB es 2 y la de AH a AI es 3) y por consiguiente también la proporción de GH a BF será de 3 a 2 y (una vez trazada FK paralela a BI, y que corta AD en K) también la de GH o BD a IK. Por lo tanto las longitudes AH y AI están en la misma proporción en que están los tiempos BD y IK, es decir, de 3 a 2; y por consiguiente si el móvil, como se había propuesto, en un tiempo AC se acelera hasta alcanzar un ímpetu HG, igual a AC, la longitud recorrida en ese mismo tiempo será AH.

16. Pero si la proporción de las longitudes hubiera sido a la proporción de los tiempos como de 4 a 3, habría que tomar entre AH y AB dos medias proporcionales, y su proporción habría que continuarla una vez más, de tal forma que AH tendría respecto a AB tres proporciones, de las que AH tendría cuatro respecto a AI; y en lo demás habría que operar como antes. Pero aún no se ha indicado el modo de interponer entre las líneas dadas un número cualquiera de medias. Y ese modo se puede formular en general así: *si se da un tiempo y la longitud recorrida en ese tiempo con un movimiento uniforme, por ejemplo el tiempo AC y la longitud AB, la recta AG que determina la longitud CG o AH recorrida en ese mismo tiempo AC con cualquier movimiento acelerado, cortará BD en F de tal manera que BF será la media proporcional entre BD y su parte BE tomada de tal forma que la proporción*

de una longitud a otra sea en todas las partes a la proporción de un tiempo a otro como toda BD a la parte BE.

17. Si un móvil recorre en un tiempo dado dos longitudes, una con un movimiento uniforme y otra con un movimiento acelerado en cualquier proporción de las longitudes a los tiempos, y a su vez en parte de ese tiempo recorre con los mismos movimientos parte de esas longitudes, el exceso de la longitud de un todo sobre el otro estará en la misma proporción que el exceso de una parte sobre la otra parte.

Sea por ejemplo (en la figura 8) la longitud AB recorrida en el tiempo AC con un movimiento uniforme, y al mismo tiempo la longitud AH recorrida con un tiempo uniformemente acelerado de manera que el último ímpetu adquirido sea GH, igual a AC. Tómese en AH una parte cualquiera AI, que sea recorrida en una parte del tiempo AC con un movimiento uniforme; y de nuevo supóngase que AB es recorrida en la misma parte del tiempo AC con un movimiento uniformemente acelerado. Digo que AH es a AB como AB a AI. Trácese IK, una paralela a AC que corte AD en K y complétese el paralelogramo AIKM. Una vez dividida IK en dos partes, por N, tómese entre IN y IK la media proporcional IL, y la recta AL estará sobre la misma recta AG (porque IK y BF se dividen en los puntos E, F, y N, L, en las mismas proporciones). Por lo cual, prolongada AL hasta su encuentro con la prolongación de MK, coincidirá con ella en el punto F y, dividida AB en dos partes iguales por O, será IK a IN como AB a AO. Y como IL es la media entre IK y IN, AI será también la media entre AB y AO, su mitad. Ahora bien, AB es media entre AH y su mitad AI. Por lo cual AH es a AB, media entre AH y AI, como AB a AI, media entre AB y AO y, por lo tanto, como el exceso de AH sobre AB (que es BH) a BI, exceso de AB sobre AI; que es lo que se trataba, etc. Y con una demostración semejante se puede probar este mismo teorema con cualquier otra proporción de las aceleraciones que sea explicable en números.

18. En cualquier paralelogramo, si dos lados que formen ángulo se mueven al mismo tiempo hacia sus lados opuestos, uno con movimiento uniforme y el otro con movimiento uniformemente acelerado, el lado que se mueva con movimiento uniforme afectará tanto con su concurso en toda la longitud, cuanto afectaría si el otro movimiento fuera también uniforme y la longitud recorrida en el mismo tiempo fuera una media proporcional entre el total y la mitad.

Sea (en la figura 11) el paralelogramo ABCD; y supóngase que el lado AB se mueve con un movimiento uniforme hasta caer sobre CD; y sea el tiempo de ese

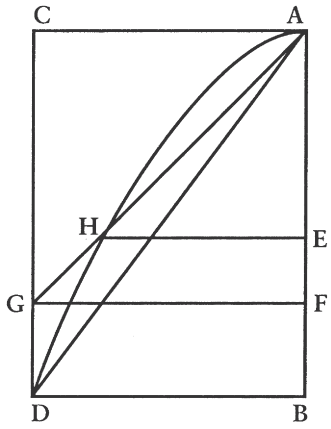

Figura 11

movimiento AC o BD. Supóngase que en ese mismo tiempo AC se mueve con un movimiento uniformemente acelerado hasta que caiga sobre BD. Después, dividida AB en dos partes iguales, por E, tómese entre AB y AE la media proporcional AF y, trazada FG paralela a la misma AC, supóngase que el mismo lado AC, y en el mismo tiempo, se mueve con un movimiento uniforme hasta que caiga sobre FG. Digo que toda AB influye en la velocidad del móvil situado en A, cuando el movimiento AC es uniformemente acelerado hasta BD, como influye la parte AF cuando el movimiento del lado AC es uniforme en el mismo tiempo hasta FG.

Pero como AF es la media proporcional entre toda AB y su mitad AE, BD será (por el art. 13) el último ímpetu del movimiento de AC hasta BD, adquirido con una aceleración uniforme; y en consecuencia la recta FB es el exceso por el que la longitud recorrida desde AC con movimiento uniformemente acelerado supera la longitud recorrida desde la misma AC, en el mismo tiempo, con movimiento uniforme y con un ímpetu igual en todas sus partes al mismo BD. Por lo cual, si toda AB se mueve uniformemente hacia CD en el mismo tiempo en que AC se mueve uniformemente hacia FG, la parte FB, al no concurrir con el movimiento del lado AC, que se supone que se detiene en FG, no influirá en nada en su movimiento. Y de nuevo, suponiendo que el lado AC se mueva con un movimiento uniformemente acelerado hacia BD, el lado AB, con un movimiento uniforme hacia CD, influirá menos en el móvil en cada una de las paralelas cuando está acelerado que cuando no lo está, y tanto menos cuanto mayor sea la aceleración (como se ha explicado en el art. 12). Por eso, cuando AC está

en FG por un movimiento acelerado, el móvil no estará en el lado CD en el punto G sino en el punto D; de tal forma que GD será el exceso por el que la longitud recorrida con movimiento acelerado hasta BD, supera la longitud recorrida con movimiento uniforme hasta FG. Por lo tanto, el móvil con su aceleración evita la acción de la parte AF, de tal manera que llega al lado CD en el tiempo AC pero con una longitud CD, que es igual a la longitud de AB. Por lo cual, en el tiempo AC, el movimiento uniforme desde AB hasta CD en toda su longitud AB, no influye en el móvil uniformemente acelerado desde AC hasta DB más que si AC se moviera en el mismo tiempo con movimiento uniforme hasta FG. La diferencia consiste únicamente en que al actuar AB sobre el móvil movido uniformemente desde AC hacia FG, aquello en lo que el movimiento acelerado supera al uniforme está todo a la vez en FB o en GD; pero cuando la misma AB actúa sobre el móvil acelerado, aquello en lo que el movimiento acelerado supera al uniforme se dispersa por toda la longitud AB o CD; pero de tal forma que si se reuniera, todo lo recogido sería igual al mismo FB o GD. Por lo tanto, en cualquier paralelogramo, etc. Que es lo que se quería demostrar.

19. Por el mismo método, si las longitudes recorridas guardan alguna proporción con sus tiempos, explicable en números, y el lado AB se divide en E de tal forma que AB sea a AE como la proporción de las longitudes recorridas a la proporción de los tiempos en que se recorren, y se toma entre AB y AE la media proporcional AF, se puede demostrar que el lado que se mueve con movimiento uniforme realiza tanto con su concurso a lo largo de toda la longitud AB como realizaría si el otro movimiento fuera también uniforme, pero la longitud recorrida en el mismo tiempo AC sería la media AF.

Y hasta aquí, acerca del movimiento por concurso.

Parte Cuarta
FÍSICA O FENÓMENOS DE LA NATURALEZA

Capítulo XXX
LA GRAVEDAD

1. Un cuerpo denso no contiene más materia en un espacio igual que un cuerpo raro. 2. La caída de los graves no procede de su apetito sino de alguna fuerza de la tierra. 3. La diferencia de gravedades se debe a la diferencia de los ímpetus con los que los elementos de los graves caen a tierra. 4. Causa de la caída de los graves. 5. En qué proporción se acelera la caída de los graves. 6. Por qué los buzos no sienten el peso del agua en la que se sumergen. 7. Un cuerpo que flota en el agua tiene el peso de tanta agua como de la que es capaz el espacio ocupado por la parte sumergida. 8. Cualquiera que sea la masa de un cuerpo más ligero que el agua, flotará por exigua que sea la cantidad de agua. 9. Cómo sucede que el agua lanzada a lo alto desde un vaso sea expulsada por el aire. 10. Por qué una vejiga hinchada es más pesada que deshinchada. 11. Causa de la expulsión de los graves a lo alto desde el cañón de un fusil de aire. 12. Causa de la subida del agua en un termómetro. 13. Causa del movimiento hacia arriba en los animales. 14. Existe en la naturaleza una clase de cuerpo más pesado que el aire pero que no se distingue por los sentidos. 15. Causa de la fuerza magnética.

1. En el capítulo vigésimo cuarto definí lo denso y lo raro, según lo exigía aquel lugar, de forma que por duro se significara lo más resistente, y por raro lo menos resistente, siguiendo en ello la costumbre de los que trataron la refración antes de mí. Pero si consideramos el significado verdadero y común de los términos, hallaremos que esos nombres son colectivos, es decir, nombres de muchas cosas; lo denso porque ocupa muchas partes de un espacio dado, y lo raro porque contiene pocas partes de la misma magnitud de ese espacio o de otro equivalente. Por lo tanto, denso es lo mismo que frecuente, como una muchedumbre densa; y raro lo mismo que infrecuente, como un ejército escaso o casas diseminadas; no que haya en algún lugar más materia que en otro lugar igual, sino más de un cierto cuerpo concreto. Porque en la soledad no hay menos materia, o menos cuerpos tomados indefinidamente, que en la ciudad, si el espacio es el mismo, sino menos casas o menos hombres. Ni en un ejército denso hay más

cuerpos que en uno raro, sino más soldados. De esta forma, es la muchedumbre o la escasez de las partes contenidas dentro de un mismo espacio, ya estén separadas por el vacío o por el aire, lo que hace la densidad o la rareza, cuya consideración no es de gran importancia para la filosofía. Por lo tanto lo dejaremos de lado y pasaremos a investigar las causas de la gravedad.

2. Llamamos graves a los cuerpos que, si no se ven impedidos por alguna fuerza, son llevados hacia el centro de la tierra, y esto, en cuanto podemos percibirlo por los sentidos, por su propia espontaneidad. Algunos filósofos fueron de la opinión de que la caída de los graves era un cierto apetito interno por el cual todo lo que era lanzado a lo alto bajaba después, movido por sí mismo, al lugar que convenía a su naturaleza; otros en cambio pensaron que eran atraídos por la tierra. No puedo estar de acuerdo con los primeros porque creo que he demostrado con suficiente claridad en lo que precede, que el comienzo del movimiento no puede darse si no es por un cuerpo exterior y movido; y por lo tanto, todo lo que tiene algún conato o algún movimiento en algún sentido, irá siempre en esa misma dirección, a menos que algo exterior que reaccione se lo impida. Por lo cual aun los cuerpos pesados movidos hacia arriba no pueden caer si no es por un movimiento externo. Además, resulta muy ridículo pensar que los cuerpos inanimados, por un apetito interno, cuando no tienen ningún apetito, o por su conservación, cosa que no entienden, dejen el lugar que ocupan y se desplacen a otro, cuando el hombre, que tiene apetito e inteligencia, ni siquiera por conservar su vida puede saltar más arriba de tres o cuatro pies. Y por último, atribuir a un cuerpo creado el poder de moverse a sí mismo ¿qué es sino decir que hay criaturas que no dependen del Creador? Estoy de acuerdo en cambio con los segundos, que atribuyen la caída de los graves a la atracción de la tierra; pero cómo suceda eso, nadie lo ha explicado. Por lo tanto diremos aquí algo sobre el modo y el camino de la acción de la tierra al atraer los cuerpos pesados.

3. Se ha demostrado en el capítulo XXI, artículo 5, que lo homogéneo se agrupa y lo heterogéneo se dispersa por un supuesto movimiento simple del sol. Hemos supuesto también que por el éter hay dispersos ciertos corpúsculos, o átomos como los llaman otros, invisibles por su pequeñísimo tamaño y a la vez consistentes, diferentes en figura, movimiento y magnitud. De lo cual procede que unos se reúnan en la tierra, otros en otros planetas, y otros vaguen por los espacios intermedios. Pero como los átomos que son llevados hacia la tierra difieren entre sí por su figura, movimiento y magnitud, unos caerán en la tierra con un ímpetu mayor y otros con uno menor. Y como no estimamos el grado de gra-

vedad más que por su mayor o menor ímpetu en caer hacia la tierra, se han de llamar más graves aquéllos cuyo ímpetu es mayor, y menos graves aquéllos cuyo ímpetu es menor. Por lo tanto hay que investigar cómo puede suceder que los cuerpos que caen a la tierra desde lo alto unos sean llevados con más ímpetu que otros. Se ha de examinar también cómo un cuerpo cualquiera que reposa sobre la tierra puede ser llevado hacia arriba por la propia tierra.

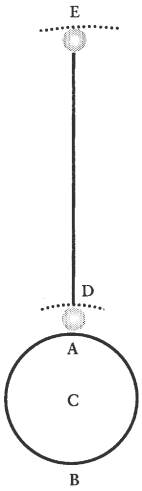

Figura 1

4. Sea pues (en la figura 2) un círculo máximo en la superficie de la tierra, con centro en C, que pase por A y B; sea también un cuerpo pesado cualquiera, por ejemplo la piedra AD, en un lugar cualquiera del plano del ecuador; y supongamos que la piedra es arrojada o lanzada perpendicularmente o de cualquier forma desde AD hasta E, y que allí queda en reposo. En consecuencia, la piedra ocupa ahora en E tanto espacio como ocupaba en AD. Luego, al no admitirse un lugar vacío, el espacio AD se llenará con el aire que confluye, comenzando por los lugares próximos a la tierra y después sucesivamente los más lejanos. Supóngase que con centro en C se traza un círculo por E, y que el espacio plano entre la superficie de la tierra y la circunferencia que pasa por E está dividido en círculos planos iguales y concéntricos; de los cuales el primero es el contenido entre los dos perímetros: el de A y el de D.

En consecuencia, mientras el aire que está en el primer círculo llena el lugar AD, el propio círculo se hace cada vez más pequeño y por lo tanto su anchura será menor que la recta AD; por lo cual bajará necesariamente del círculo supe-

rior otro tanto de aire. De igual manera y por la misma causa se producirá de nuevo un descenso del aire del círculo próximamente superior, y así finalmente hasta el último círculo en el que reposa la piedra en E; entonces, o bien descenderá la propia piedra u otra cantidad equivalente de aire. Y como por la revolución diaria de la tierra se expulsa más fácilmente el aire que la piedra, el aire que está en el círculo que abarca la piedra misma será expulsado más arriba que la propia piedra. Ahora bien, esto no puede suceder si no se admite el vacío, a menos que baje hasta E una cantidad igual de aire desde el lugar inmediatamente superior; hecho lo cual, la piedra será empujada hacia abajo. Luego la piedra tiene ya el comienzo de su caída, es decir, la gravitación. Además lo que se mueve una vez se moverá siempre por el mismo camino y con la misma velocidad a no ser que sea retardado o acelerado por un motor exterior (como se ha demostrado en el capítulo VIII, art. 19). Pero el aire, que es el único cuerpo que se interpone entre la tierra A y la piedra alta E, hace lo mismo a lo largo de toda la recta EA que en E. Ahora bien, en E hizo caer la piedra, luego la empujará también por todos los puntos de la recta EA, y de igual manera. Luego la piedra cae desde E hasta A con un movimiento acelerado. Luego una causa posible de la caída de los graves por debajo del ecuador es algún movimiento de la tierra. Y la demostración será la misma en el plano de cualquier círculo paralelo al ecuador en que se coloque la piedra. Pero no puede concebirse un movimiento por el que el aire se vea rechazado de la tierra a no ser aquél que he explicado como un movimiento circular simple por el cual se mueve incluso el centro de la tierra. Porque el movimiento de un cuerpo sobre el centro de su propia figura no tiene conato alguno hacia ningún lugar fuera de sí mismo.

5. Una vez establecida la causa que hemos dicho de la caída de los graves, se seguirá que su movimiento se acelera de tal manera que los espacios recorridos en cada uno de los tiempos estén en la misma proporción en la que están los números impares a partir de la unidad. Porque una vez dividida la recta EA en un número cualquiera de partes iguales, el grave que cae, debido a ese movimiento de la tierra que nunca cesa, en cada uno de los puntos de la recta EA recibe otros tantos impulsos iguales del aire. Por lo tanto adquiere en cada tiempo nuevos grados iguales de aceleración. De aquí se sigue, por lo demostrado por Galileo en el Diálogo sobre el movimiento, que los graves caen en cada uno de los tiempos correspondientes a esos espacios recorridos con unas diferencias que son las de los números cuadrados comenzando desde la unidad. Y los cuadrados, comenzando desde la unidad, son 1, 4, 9, 16, etc., y sus diferencias son 1, 3, 5, 7, etc., esto es, los números impares desde la unidad.

En contra de la causa de la gravedad aducida, es decir, del impulso del aire superior, se podrá objetar tal vez que también un cuerpo pesado colocado en el fondo de un tubo cóncavo de hierro o de diamante, al invertir el fondo caerá igualmente; y sin embargo no puede ser que el aire superior lo empuje y mucho menos que acelere su movimiento. Pero hay que tener en cuenta que no puede existir semejante tubo o cavidad, que no esté apoyado en la propia tierra y que, apoyado en ella, no sea hecho girar alrededor junto con la tierra por ese movimiento que rechaza el aire. Por lo cual, el fondo del tubo hará las veces de la superficie de la tierra y, al golpear el aire que está debajo, hará que el aire pesado superior empuje hacia abajo el cuerpo pesado colocado en la parte alta del tubo, del modo explicado más arriba.

6. Al ser la gravedad del agua tan grande como experimentamos, algunos han preguntado cómo puede suceder que los buzos, a cualquier profundidad del agua que se sumerjan, nunca sientan el peso de la masa de agua que tienen sobre sí. Y la causa de ese fenómeno parece ser la siguiente: que cada cuerpo, cuanto más pesado es, con tanto mayor conato tiende hacia abajo. Ahora bien, el cuerpo humano es más pesado que la masa de agua equivalente a su magnitud. Luego el conato del cuerpo humano hacia abajo es mayor que el del agua. Y como todo conato es un movimiento, el cuerpo humano se verá llevado también hacia el fondo con un movimiento más veloz que el de otra cantidad igual de agua. Luego la reacción del fondo es mayor, y el conato hacia arriba es igual que el conato hacia abajo, ya se vea el agua presionada por agua o por un cuerpo que sea más pesado que el agua. Por lo tanto ambos conatos del agua quedan eliminados por otros conatos iguales y opuestos y, en consecuencia, no puede oprimir al buzo.

Corolario. Es también evidente que el agua no tiene gravedad dentro del agua, porque las partes del agua se esfuerzan todas a la vez hacia el fondo con un conato igual y por las mismas rectas superiores e inferiores.

7. Si un cuerpo cualquiera flota en el agua, su peso es igual al peso de una masa de agua de la misma magnitud de la que cabe en el lugar que ocupa la parte del cuerpo flotante sumergida en el agua.

Sea pues (en la figura 3) el agua ABCD en la que flota el cuerpo EF. Y una parte E sobresalga del agua, y la parte restante F esté sumergida. Digo que el peso de todo el cuerpo EF es igual al peso de tanta agua como cabe en el espacio F. Porque como sucede que, por el peso del cuerpo EF, el agua que sale del espacio F se coloca sobre el agua de arriba en AB y, una vez colocada allí, presiona

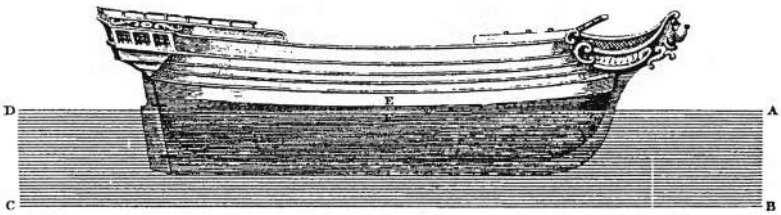

Figura 2

hacia abajo, de lo cual se sigue por la resistencia del fondo un conato hacia arriba; y porque a su vez, por el conato del agua hacia arriba, el cuerpo EF se eleva, si el conato del cuerpo EF hacia abajo y el conato del agua hacia arriba son iguales, el cuerpo EF o baja hasta el fondo o se sitúa todo él fuera del agua, porque sus conatos, esto es, sus movimientos, no son iguales. Ahora bien, se supone que EF está en una situación estable, de tal forma que ni suba ni baje. Luego están en equilibrio, es decir, el peso del cuerpo EF es igual al peso del agua que cabe en el espacio F; que es lo que se trataba de demostrar.

8. De aquí se sigue que puede suceder que un cuerpo, de la magnitud que sea, con tal de que esté hecho de una materia menos pesada que el agua, flote en una cantidad de agua por pequeña que sea.

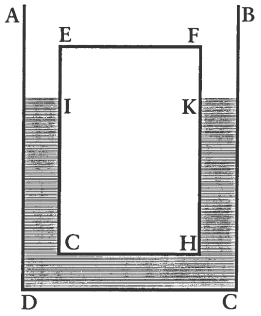

Figura 3

Sea pues (en la figura 4) el vaso ABCD, y en él el cuerpo EFGH, de una materia menos pesada que el agua. Lénese de agua el espacio AGCF. Digo que el cuerpo EFGH no bajará hasta el fondo DC. Porque al ser la materia del cuerpo EFGH menos pesada que el agua, si todo el espacio fuera de ABCD estuviera lleno de agua, alguna parte del cuerpo EFGH, por ejemplo EFIK, sobresaldría del agua; y el peso del agua que cupiera en el espacio IGHK sería igual al peso total

del cuerpo EFGH; y por lo tanto GH no tocaría el fondo DC. No importa que los lados del vaso sean duros o fluidos, porque sirven solamente para delimitar el agua, lo cual se hace igualmente por agua o por otra materia cualquiera por dura que sea; porque también el agua que está fuera del vaso está delimitada en alguna parte y no puede fluir más allá. Por lo tanto la parte EFIK sobresaldrá del agua también en un vaso ADCB cerrado. Luego el cuerpo EFGH flotará en el agua AGCF por poca que sea; que es lo que se trataba de demostrar.

9. En el capítulo vigésimosexto en el artículo cuarto se aportó, para demostrar el vacío, el experimento del agua incluida en una botella que, dada una salida por la parte superior, es arrojada por arriba empujada por el aire. Por lo tanto se pregunta cómo puede suceder eso al ser el agua más pesada que el aire. Considérese la Figura 2 del mencionado capítulo XXVI, donde se había inyectado agua con gran fuerza en el espacio FGB por medio de una jeringa. En esa inyección el aire, con la misma fuerza con que penetró entre los lados de la jeringa y el émbolo, salió de la botella, pero puro; porque aquellos corpúsculos que habíamos supuesto antes que estaban entremezclados con el aire y que se movían con un movimiento simple, no pudieron penetrar el agua junto con el aire puro. Y al quedarse, fueron empujados necesariamente hacia un lugar más estrecho, esto es, al espacio que hay por encima de FG. Luego los movimientos de los corpúsculos serán tanto menos libres cuanto mayor es la cantidad de agua que se inyecta. Por lo tanto sucederá que esos corpúsculos, al chocar entre sí con sus movimientos, se comprimen mutuamente y tienen un conato permanente de liberarse y de presionar sobre el agua que los obstaculiza. Luego si se da una salida superior, el agua situada cerca de la salida tendrá un conato ascendente. Por lo tanto saldrá necesariamente; pero no puede salir si a la vez no entra otra cantidad igual de aire. Luego saldrá agua y entrará aire hasta que los corpúsculos que habían quedado dentro de la botella recuperen su primera libertad de movimiento, esto es, hasta que la botella esté otra vez llena de aire y no se permita que el agua suba tanto que obture el orificio B. Por lo tanto se ha demostrado una causa posible de ese fenómeno, es decir, la misma que la del trueno. Porque así como en la generación del trueno los corpúsculos incluidos en las nubes, en el momento en que se comprimen con exceso, rompen las nubes con su movimiento y reclaman su libertad natural, así también aquí los corpúsculos incluidos en el espacio que está por encima de la recta FG expulsan el agua por un movimiento propio, por la salida que se les da por arriba, y si se les negase esa salida y esos mismos corpúsculos se vieran comprimidos con más fuerza por una inyección continua de agua, al final la botella se rompería con estruendo.

10. Si se insufla aire en un tubo o en una vejiga, su peso aumentará un poco, tal como han comprobado algunos con un trabajo muy preciso. Y no tiene nada de extraño, ya que en el aire común se encuentran entremezclados muchos corpúsculos no fluidos, como hemos supuesto. Y esos corpúsculos son más pesados que el aire puro. Porque la sustancia etérea, al ser agitada por el movimiento del sol por todas partes por igual, se esfuerza por igual hacia todas las partes del universo y, en consecuencia, no gravita en absoluto.

11. Observaremos también que una bolita de plomo, encerrada por la fuerza del aire en un cañón de bronce que llaman escopeta de aire, es lanzada hacia arriba. Este cañón tiene dos orificios cerrados interiormente por unas válvulas: una por la que se admite el aire y otra por la que se expulsa. Después, con la ayuda de un tubo que se ajusta estrechamente al cañón, y de un émbolo semejante a una maza, perforado, y que lleva en su interior una válvula que se puede retraer fácilmente, empujan el aire del exterior con muchos y fuertes golpes dentro del cañón hasta que, vencidos por la dificultad de golpear, estiman que hay en el cañón mucho más aire del que había antes aunque estuviera lleno. Y una vez embutido el aire, en la cantidad que sea, para que no salga de nuevo sirven las válvulas antes mencionadas, las cuales cierran necesariamente el aire que presiona para salir. Pero una vez abierto el orificio hecho para lanzar el aire, en el acto, con una gran fuerza y de repente, el aire que sale arrastra juntamente con él la bolita de plomo con gran velocidad. Yo pensaría, con otros muchos, que la causa de ese fenómeno era que el aire que hay en el cañón, raro al principio y condensado después metiendo a la fuerza aire del exterior, se enrarecería de nuevo al darle salida, sólo con que fuera pensable que un mismo lugar siempre lleno contuviese ahora más materia y ahora menos, es decir, si se pudiese concebir que la misma plenitud pudiera ser la causa eficiente del movimiento. Pero ambas cosas son imposibles. Por lo tanto hay que buscar otra causa posible del fenómeno. Por eso, mientras con el primer golpe se abre la primera válvula del tubo, el aire del interior resiste con igual fuerza al aire que entra del exterior. Se establece pues una lucha entre el aire interior y el exterior, y dos movimientos contrarios: el del aire que entra y el del que sale, pero no un aumento de aire dentro del cañón; es decir, sale tanto aire purificado por los corpúsculos duros, por la percusión, entre los lados del tubo y del émbolo, cuanto aire no puro entra por el golpe. Y por lo tanto, con muchos y fuertes golpes se aumentará dentro del cañón la cantidad de corpúsculos duros y a la vez sus movimientos se acelerarán mientras resista la materia del cañón; pero antes de que el cañón se rompa, sus lados se ven presionados con mucha fuerza en todas par-

tes por el aire que trata de salir. Por lo tanto es necesario que, al abrir la salida, los corpúsculos, al salir al aire libre con un movimiento velocísimo, arrastren consigo la bolita de plomo que los obstaculiza. En consecuencia, hemos presentado una causa posible de este fenómeno.

12. Y también, contra lo que suelen hacer los cuerpos pesados, el agua sube en el termómetro, pero con aire frío, porque si se calienta desciende de nuevo. Por eso se llama termómetro y termoscopio al instrumento en el que se miden y se señalan los grados de calor y de frío.

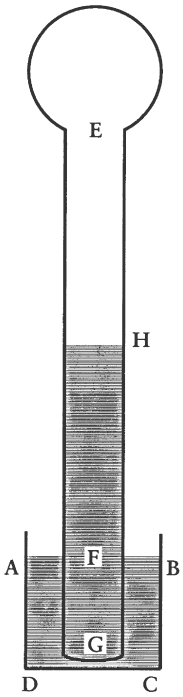

Figura 4

Se construye así: sea (en la figura 5) un vaso pequeño ABCD lleno de agua; y un cilindro de vidrio hueco EFG, cerrado por E y abierto por G; el cual, una vez calentado, introdúzcase recto en el agua en F, y llegue hasta G. Una vez hecho eso, al enfriarse poco a poco el aire, el agua subirá por el tubo desde F hasta E, también poco a poco, hasta que finalmente, cuando alcancen la misma temperatura el aire interior y el exterior, no subirá ya más ni tampoco bajará, a menos que cambie la temperatura del aire. Por lo tanto deténgase por ejemplo en H. En-

tonces si el calor del aire aumenta, el agua bajará de H, y si disminuye, subirá. De lo cual tenemos una experiencia clarísima pero aún se investiga su causa.

Se ha demostrado en el capítulo XXVIII, en los artículos 6 y 7, donde se investigó la causa del frío, que los cuerpos líquidos se enfrían por el aire que los afecta, es decir, por el viento constante que los comprime. Por esa misma causa se ve presionada la superficie de toda el agua en F. Pero no hay ningún lugar al que se retire el agua presionada si no es en la cavidad del tubo entre H y E. Por lo tanto se ve obligada por el frío a ir allí y en consecuencia el agua sube más o menos según el frío sea más o menos intenso. Y a su vez, si el calor se hace más intenso o el frío más remiso, la misma agua, por la propia gravedad, esto es, por la causa que hemos explicado más arriba, bajará.

13. También los animales, aunque sean pesados, pueden elevarse hasta cierta altura saltando, nadando o volando. Pero eso no sucede si no se apoyan en algún cuerpo, como en la tierra, en el agua o en el aire, que ofrece resistencia. Por eso el comienzo de esos movimientos proviene de la contracción de un cuerpo animado en virtud de sus músculos. A esta contracción sigue una distensión de todo el cuerpo, por lo que se comprime la tierra, el agua o el aire en el que se apoyan; y de ahí, por la reacción de los cuerpos presionados, el animal adquiere un conato hacia arriba que, sin embargo, se pierde pronto por la gravedad del cuerpo. De esa forma, con ese conato el animal se eleva algo en el salto, aunque le aprovecha poco; pero al nadar y al volar, mucho, porque el *nisus* se renueva antes de que su efecto se extinga por completo por la gravedad de su cuerpo.

Pero resulta pueril pensar que alguien haya elevado alguna vez su cuerpo por la fuerza de su espíritu sin que haya precedido una contracción de los músculos o un apoyo previo. Porque si fuera así, el hombre podría elevarse hasta donde quisiera.

14. Lo transparente que está alrededor del ojo es invisible; y no puede verse el aire en el aire ni el agua en el agua ni algo que no sea más opaco. Pero en el límite de dos cuerpos transparentes uno se puede distinguir de otro. Por eso los incultos, que creen que el espacio en el que decimos que está el aire está vacío, no son ridículos. Ya que para creer que el aire es algo se necesita razonar. Porque ¿cuál de nuestros sentidos es por el que juzgamos que existe el aire, al cual ni vemos ni oímos ni gustamos ni olemos ni al tocarlo sabemos que es algo? Al sentir el calor no lo atribuimos al aire sino al fuego; y el frío no es del aire sino nuestro; y al sentir el viento creemos que es algo que viene, no algo que ya es-

taba. De igual manera no podemos sentir ni el peso del agua en el agua ni mucho menos el del aire en el aire. Pero por la razón podemos saber que existe un cuerpo al que llamamos aire, aunque sólo por ella ya que, sin la mediación del cuerpo, los cuerpos situados lejos no pueden actuar sobre los órganos de nuestros sentidos y no percibiríamos en absoluto más que los cuerpos contiguos. En consecuencia, los sentidos solos no pueden ser testigos idóneos de la naturaleza corpórea si no se produce un razonamiento a partir de los efectos.

Porque en las entrañas de la tierra, en los lugares en los que se excava el carbón, hay una cierta naturaleza que, por ciertos efectos, puede parecer intermedia entre el agua y el aire y que, con los sentidos, no se puede distinguir del aire, al ser tan transparente como el aire más puro e igualmente penetrable, a juicio de los sentidos. Pero si se considera su efecto es parecida al agua. Porque esa materia, al brotar de la tierra, llena el pozo del que se extrae el carbón, todo o al menos en parte, y si cae en ella un hombre o fuego, lo extingue en un tiempo no mucho menor que la misma agua. Pero para comprender mejor este fenómeno, describiremos la figura sexta.

Sea en ella el pozo AB de una mina de carbón, y supóngase que la parte CB está llena de la materia en cuestión. Si se baja una vela encendida por debajo de C, se apaga en el momento, de modo no distinto que en el agua. De igual modo, si se bajan unos carbones encendidos en una caldereta de hierro de manera que se produzca fuego, aunque sea ligero, apenas sumergidos por debajo de C comienzan a palidecer y poco después, extinguida su luz, se apagan lo mismo que en el agua. Por lo demás, si se extrae la caldereta con los carbones todavía muy calientes, poco a poco se encienden y vuelven a lucir. Y en esto sí se aparta algo de la semejanza con el agua que, al humedecerla impide que se vuelva a encender.

De igual modo, si se hace bajar un hombre hasta ese mismo lugar C, al momento padece una dificultad para respirar, enseguida también un desmayo, y se muere si no se le saca rápidamente. Por eso existe la costumbre en los que bajan, de que, al comenzar a sentir la primera molestia, agitan la cuerda con la que los bajan, que es un signo de malestar, para que los saquen. Y al que sacan más tarde de lo debido y por ello sin sentido y sin movimiento, le ponen el rostro boca abajo en la tierra fresca, una vez cortado el césped, y así poco a poco, a menos que esté muerto del todo, recupera el sentido y el movimiento; y como si le saliera por la boca la materia nociva que había bebido bajo tierra, revive, casi del mismo modo que los ahogados en el agua al vomitarla. Y esto sucede no en todos los pozos pero sí en muchos; y no siempre en los mismos aunque sí con fre-

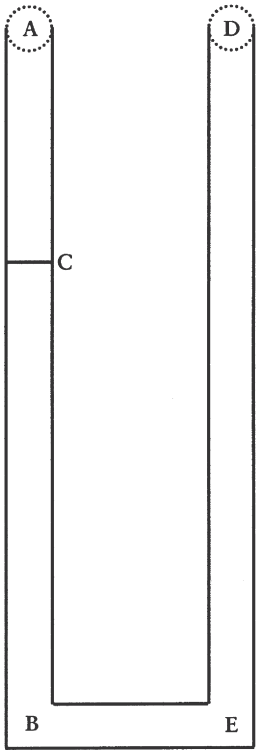

Figura 5

cuencia. Cuando sucede, aplican el siguiente remedio: excavan en la proximidad otro pozo DE igual de profundo y conectan ambos mediante un paso subterráneo EB. Después, por el fuego encendido en el fondo E, el aire que está en el tubo DE se extrae fuera por lo alto, por D; a éste le sigue el aire contenido en el paso subterráneo EB; al cual le sigue la materia nociva contenida en CB y, por esta vez, vuelve al pozo la habitual salubridad. De esta pequeña historia, que escribo únicamente para aquellos que han experimentado ellos mismos su verdad (porque no acostumbro apoyar la Filosofía con historias de dudosa fiabilidad) se puede comprender como causa posible la siguiente: existe una cierta materia fluida muy transparente que, surgida de la tierra, llena el pozo hasta C; en la cual, como en el agua, el fuego y los animales se extinguen. Pero es probable que esa materia no sea otra cosa que aire o un viento muy fuerte que extinga el fuego y la vida, ésta al llegar a los pulmones, donde se encuentra el paso de la sangre de un ventrículo al otro, y aquél, apagándolo con la fuerza de un movimiento que vuelve sobre sí mismo.

15. Sobre la naturaleza de los graves, la mayor dificultad surge de la contemplación de aquellas cosas que atraen los graves hacia sí a lo alto, como el azabache, el ámbar y la piedra imán. Sorprende sobre todo la piedra imán, también llamada piedra de Hércules; una piedra por otra parte despreciable, pero de tanta fuerza que, una vez sacada del seno de la tierra, sujeta junto a sí incluso al hierro, como Hércules a Anteo. Lo cual por otra parte no es tan maravilloso, ya que también el azabache atrae hacia sí las pajas, menos pesadas que el hierro desde luego, pero pesadas al fin. Además, para que el azabache haga eso, antes debe ser estimulado por una fricción, esto es, por un movimiento recíproco. La estimulación en cambio de la piedra imán pertenece a la naturaleza de la piedra misma, es decir, a algún principio o movimiento interno suyo. Por lo demostrado más arriba, todo lo que se mueve es movido por algo continuo y movido, y por lo tanto, es cierto que surge un primer conato del hierro hacia la piedra, del movimiento del aire contiguo al hierro; e igualmente que el movimiento de ese aire se genera por el movimiento del aire más próximo y así sucesivamente hasta que hallemos que el movimiento de todo el aire tiene su origen en algún movimiento en la piedra imán misma, movimiento que, al parecer la piedra inmóvil, es invisible. Por lo tanto es cierto que la fuerza de atracción de la piedra imán no es otra cosa que un movimiento de sus partes más pequeñas. Luego, una vez supuesto que los corpúsculos más pequeños, de los que se formó la piedra imán en las entrañas de la tierra, tienen un movimiento o un conato por su naturaleza a lo largo de una línea invisible a causa de su brevedad, como se acaba de decir del azabache, de manera recíproca la causa de la atracción será la misma en ambas piedras. Y ahora se trata de investigar cómo y con qué orden de operaciones esa causa produce la atracción. Sabemos que por la vibración, esto es, por un movimiento recíproco sobre la misma recta, se produce que si se pulsa una cuerda de una lira, otra se mueve con una vibración semejante con tal de que tenga una tensión igual. Sabemos también que las heces y las arenillas que están posadas en el fondo de un vaso se ven excitadas desde el fondo por el movimiento fuerte y recíproco del agua de la parte superior o por una agitación con un bastoncillo. ¿Por qué entonces el movimiento recíproco de las partes de la piedra imán no puede hacer algo parecido al mover el hierro? Porque si se supone en la piedra imán un movimiento recíproco o unas idas y venidas de las partes, de ahí se se seguirá que se propague por el aire hasta el hierro un movimiento semejante, y de esa forma en el propio hierro y en cada una de sus partes habrá las mismas idas y venidas recíprocas. De aquí se seguirá que el aire intermedio que había entre la piedra y el hierro se elimine. Y una vez eliminado el aire, los cuerpos de la piedra imán y del hierro necesariamente se unen. Por lo tanto una causa posible de que la piedra imán atraiga hacia sí el hierro, y el

azabache las pajas, es el movimiento recíproco de las partes del cuerpo que atrae por una misma línea recta o elíptica, cuando en la naturaleza de lo atraído no hay ninguna repugnancia a tal movimiento.

Pero la causa de que la piedra imán, si flota libremente sobre el agua, apoyada en un corcho, en cualquier posición que se la ponga se coloque de tal forma sobre el plano meridiano que los puntos de la misma en reposo miren en un tiempo hacia los polos de la tierra y que los mismos en cualquier otro tiempo miren hacia los mismos polos, puede ser que el movimiento al que hemos llamado recíproco de las partes de la piedra se produzca en una línea paralela al eje de la tierra, y que ese movimiento sea congénito a las partes desde la misma generación de la piedra. Por eso la piedra que está en la mina y que es transportada junto con la tierra por el movimiento diario circular, cuando haya adquirido durante largo tiempo el hábito de la traslación según una línea perpendicular a la línea de su movimiento recíproco, aunque su eje se aparte del paralelismo de la tierra conservará sin embargo el conato de volver al mismo sitio. Porque el conato es el principio del movimiento, y cuando se da y no se interpone ningún impedimento, la piedra regresará a la posición primera. Ya que cualquier hierro, si ha estado en reposo durante largo tiempo colocado en el plano del meridiano, aunque se le quite de allí, con tal de que se pueda mover libremente, volverá al meridiano, y esto por la fuerza del conato que había adquirido por el movimiento de la tierra en círculos paralelos que son perpendiculares a los meridianos.

Y si una piedra imán se frota con un hierro en una dirección recta de un polo a otro, sucederán dos cosas: una, que el hierro adquirirá esa fuerza en la misma dirección que la piedra, esto es, que hallará reposo en el meridiano y tendrá el eje y los polos igual que la piedra, y otra, que los polos semejantes del hierro y de la piedra se repelerán mutuamente, y los contrarios se atraerán. La causa de lo primero puede ser que por el frotamiento realizado con un trazo no recíproco sino siempre por el mismo camino de un polo a otro, también se imprime al hierro un conato desde el mismo polo hasta el otro. Porque al no diferir la piedra imán del hierro más que un hierro mineral de un hierro fundido, el hierro fundido no encuentra ninguna repugnancia para recibir el movimiento que hay en la piedra. De lo cual se sigue que, al ser igualmente sensibles al movimiento de la tierra, vuelvan por igual a la posición del meridiano si se ven apartados de ella. Y la causa de lo segundo puede ser que al frotar la piedra con el hierro, así como la piedra al actuar sobre el hierro le imprime un conato hacia uno de los polos, por ejemplo hacia el norte, así al contrario el hierro, al actuar sobre la piedra, le imprime un conato hacia el otro, es decir, hacia el sur. Por lo tanto sucederá en los

movimientos alternativos, o en las idas y venidas de las partículas de la piedra y del hierro entre el norte y el sur, que mientras en uno se va desde el norte hacia el sur y se regresa desde el sur hacia el norte, en el otro la ida se producirá desde el sur hacia el norte y el regreso desde el norte hacia el sur. Y de estos movimientos contrarios entre sí y comunicados al aire, resultará que el polo norte del hierro, mientras se produce la atracción, se baje hacia el polo sur de la piedra; o por el contrario, que el polo norte de la piedra se baje hacia el polo sur del hierro; y que el eje de ambos, tanto de la piedra como del hierro, se coloque en la misma recta; lo mismo que nos hacen ver los experimentos.

Pero no tiene nada de extraño que la fuerza magnética se propague no sólo por el aire sino también por algunos cuerpos muy duros; ya que ningún movimiento puede ser tan débil que no se propague hasta el infinito a través de un espacio lleno de un cuerpo tan duro como se quiera. Porque en un medio lleno no puede darse ningún movimiento sin que ceda la parte próxima del medio, y después la próxima, y así sucesivamente; de tal forma que para cualquier efecto contribuyan necesariamente en alguna medida también cada uno de los movimientos de cada una de las partes.

Y hasta aquí hemos hablado de la naturaleza del cuerpo en general; lo cual constituye la sección primera de los Elementos de Filosofía. En cuyas partes primera, segunda y tercera, en las que los principios del razonamiento se apoyan en nuestra inteligencia, es decir, en el uso legítimo que hacemos de los términos, se han demostrado legítimamente, si no me equivoco, todos los teoremas. La parte cuarta depende de las hipótesis y, en consecuencia, si se ignora su verdad, no se puede demostrar que las causas de las cosas sean realmente las que hemos explicado. Pero como no he adoptado ninguna hipótesis que no fuera a la vez posible y de fácil comprensión, y he razonado legítimamente a partir de las que he adoptado, he demostrado que podían darse, lo cual es el fin de la contemplación de la Física. Y si alguien, tomando otras hipótesis, demostrase esas mismas cosas u otras más amplias, le deberemos un agradecimiento mayor que el que yo creo que se me debe; pero a condición de que las hipótesis que utilice sean razonables. Porque todo lo que alguien diga que se mueve o se produce por sí mismo o por especies o por poderes o por una forma sustancial incorpórea o por instinto o por contradicciones o por antipatía o simpatía o por una cualidad oculta y demás palabras vacías de los escolásticos, lo habrá dicho en vano.

Paso ahora a considerar los fenómenos del cuerpo humano en los que mostraré, si Dios me concede vida suficiente, las causas de la óptica así como de los ingenios, afectos y costumbres humanos.